

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-117510

(43)Date of publication of application : 19.04.2002

(51)Int.Cl.

G11B 5/39  
G01R 33/09  
H01F 10/16  
H01F 10/30  
// H01L 43/08  
H01L 43/12

(21)Application number : 2001-200660

(71)Applicant : READ RITE CORP

(22)Date of filing : 02.07.2001

(72)Inventor : KYUUSHIKU SHIN  
MATHEW RICHARD GIBONS  
CHESTER SHAOEN CHEN  
HOA-CHIN TON

(30)Priority

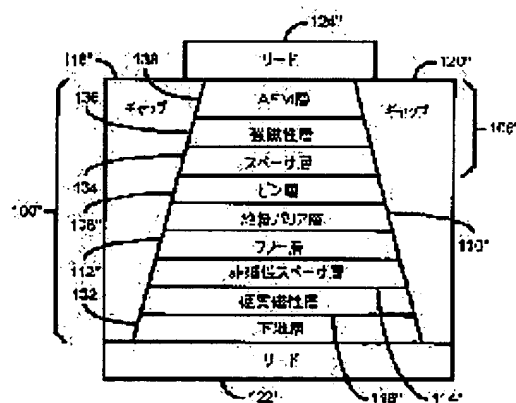
Priority number : 2000 618849    Priority date : 18.07.2000    Priority country : US

(54) METHOD AND SYSTEM OF PROVIDING TMR SENSOR USING RIGID MAGNETIC MATERIAL FOR DEFLECTING FREE LAYER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and system of providing a magneto-resistive sensor for reading data from a recording medium.

SOLUTION: This method and system have a process step of providing a free layer (122") and a pin layer (108"). The free layer is a ferromagnetic material and has a first side and a second side facing the same. The pin layer has a direction of magnetization and is ferromagnetic. The direction of magnetization of the pin layer is fixed to a specified direction. The pin layer exists on the first side of the free layer. This method and system have a process step of providing a barrier layer for separating the first side of the free layer and the pin layer. The barrier layer (110") is an insulating layer having the thinness enough to permit the tunnel of the charge particles between the pin layer and the free layer. The method and system have also a process step of providing a rigid magnetic layer on the second side of the free layer. The rigid magnetic layer (116") magnetically deflects the free layer.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted]

## \* NOTICES \*

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

## [Claim(s)]

[Claim 1] That it is the insulating layer characterized by providing the following, the hard magnetic layer in the aforementioned free layer 2nd side, and this hard magnetic layer are a magnetic-reluctance sensor which has deflecting the aforementioned free layer magnetically and which reads data in a record medium. The free layer which has ferromagnetism and has this, and the opposite-side 2nd side the 1st side. The pin layer which it has the direction of magnetization and is ferromagnetism. The direction of magnetization of this pin layer should be fixed in the specific direction. The barrier layer which separates that this pin layer is in the aforementioned free layer 1st side, and the free layer and the aforementioned pin layer of the 1st side of the above, and this barrier layer are thinness which is sufficient for permitting the tunnel of the charged particle between the aforementioned pin layer and the aforementioned free layer.

[Claim 2] The magnetic-reluctance sensor indicated by the claim 1 which has further the nonmagnetic spacer layer arranged between the free layer of the 2nd side of the above, and the aforementioned hard magnetic layer.

[Claim 3] The aforementioned nonmagnetic spacer layer is the magnetic-reluctance sensor indicated by the claim 2 which is the layer which has conductivity.

[Claim 4] The antiferromagnetism layer which adjoined the aforementioned fixed bed, and the aforementioned antiferromagnetism layer are the magnetic-reluctance sensor indicated by the claim 2 which has further that it is a layer for fixing the direction of magnetization of a pin layer in the specific direction.

[Claim 5] The aforementioned pin layer is the magnetic-reluctance sensor indicated by the claim 2 which consists of a synthetic antiferromagnetism layer.

[Claim 6] The aforementioned barrier layer is the magnetic-reluctance sensor indicated by the claim 2 which consists of an alumina.

[Claim 7] The aforementioned hard magnetic layer is the magnetic-reluctance sensor indicated by the claim 2 which consists of a cobalt chromium platinum alloy (CoCrPt).

[Claim 8] The aforementioned hard magnetic layer is the magnetic-reluctance sensor indicated by the claim 2 which consists of a cobalt platinum alloy (CoPt).

[Claim 9] The aforementioned hard magnetic layer is the magnetic-reluctance sensor indicated by the claim 2 which consists of a cobalt chromium alloy (CoCr).

[Claim 10] The aforementioned hard magnetic layer is the magnetic-reluctance sensor indicated by the claim 1 which has at least one sloping edge.

[Claim 11] the above -- the magnetic-reluctance sensor indicated by the claim 10 in which one sloping edge has about 45-degree inclination even if few

[Claim 12] It is the magnetic-reluctance sensor which the aforementioned hard magnetic layer has coercive force further, and the aforementioned free layer was exposed to the external magnetic field on the occasion of use, and was indicated by the claim 1 with the larger coercive force of the aforementioned hard magnetic layer than the aforementioned external magnetic field.

[Claim 13] The aforementioned free layer is the magnetic-reluctance sensor which has the 2nd coercive force and was indicated by the claim 12 with the 2nd coercive force of the aforementioned free layer smaller than the aforementioned external magnetic field.

[Claim 14] How to form the magnetic-reluctance sensor for reading data in a record medium characterized by providing the following. (a) The process which prepares a free layer. This free layer should have ferromagnetism and should have the this and opposite-side 2nd side the 1st side. (b) The process which prepares a pin layer. This pin layer has the direction of magnetization, and is ferromagnetism, and the direction of magnetization of this pin layer is being fixed in the specific direction, The process which prepares the barrier layer which separates that this pin layer is in the

aforementioned free layer 1st side, and the free layer and the aforementioned pin layer of the 1st side of (c) above, and this barrier layer are thinness which is sufficient for permitting the tunnel of the charged particle between the aforementioned pin layer and the aforementioned free layer.

[Claim 15] (e) The method indicated by the claim 14 which has further the process which prepares the nonmagnetic spacer layer arranged between the free layer of the 2nd side of the above, and the aforementioned hard magnetic layer.

[Claim 16] The aforementioned nonmagnetic spacer layer is the method indicated by the claim 15 which is a conductive layer.

[Claim 17] (f) The process which adjoins the aforementioned pin layer and prepares an antiferromagnetism layer, and this antiferromagnetism layer are the method indicated by the claim 15 which has further that it is the layer which fixes the direction of magnetization of a pin layer in the specific direction.

[Claim 18] The process (b) which prepares the aforementioned pin layer is the method indicated by the claim 15 which has further the process which prepares a synthetic (b1) antiferromagnetism layer.

[Claim 19] The aforementioned barrier layer is the method indicated by the claim 15 which consists of an alumina.

[Claim 20] The aforementioned hard magnetic layer is the method indicated by the claim 15 which consists of a cobalt chromium platinum alloy (CoCrPt).

[Claim 21] The aforementioned hard magnetic layer is the method indicated by the claim 15 which consists of a cobalt platinum alloy (CoPt).

[Claim 22] The aforementioned hard magnetic layer is the method indicated by the claim 15 which consists of a cobalt chromium alloy (CoCr).

[Claim 23] The aforementioned hard magnetic layer is the method indicated by the claim 14 which has at least one sloping edge.

[Claim 24] the above -- the method indicated by the claim 23 in which one sloping edge has about 45-degree inclination even if few

[Claim 25] It is the method which the aforementioned hard magnetic layer has coercive force, and the aforementioned free layer was exposed to the external magnetic field on the occasion of use, and was indicated by the claim 14 with the larger coercive force of the aforementioned hard magnetic layer than the aforementioned external magnetic field.

[Claim 26] The aforementioned free layer is the method which has the 2nd coercive force and was indicated by the claim 25 with the 2nd coercive force of the aforementioned free layer smaller than the aforementioned external magnetic field.

[Claim 27] How to form the magnetic-reluctance sensor for reading the information on a record medium characterized by providing the following. (a) The process which prepares the layer for fixing the direction of magnetization. (b) The process which prepares the 1st ferromagnetic layer which adjoins the layer for fixing the direction of the aforementioned magnetization, and is used as a pin layer. This pin layer should have the direction of the magnetization fixed in the specific direction. (c) The process which forms the 1st insulator which adjoins the ferromagnetic layer of the above 1st and is used as a barrier layer, (d) The process which prepares the 2nd ferromagnetic layer which adjoins the 1st insulator of the above and is used as a free layer, That this the ferromagnetic having [ this 2nd ferromagnetic layer ]-the 1st and 2nd side and 2nd layer 1st side adjoins the 1st insulator of the above, and the 1st insulator of the above It has the thinness which is sufficient for permitting the tunnel of the charged particle between the ferromagnetic layer of the above 1st, and the 2nd ferromagnetic layer, (e) The process which prepares a hard magnetic layer in the aforementioned free layer 2nd side, and the aforementioned hard magnetic layer deflect the aforementioned free layer magnetically, (f) The process which \*\*\*\*\*s the layer for fixing the direction of the aforementioned magnetization, the 1st ferromagnetic layer, an insulating layer, the 2nd ferromagnetic layer, and a hard magnetic layer, and specifies the configuration of a sensor, That the aforementioned sensor has the 1st and 2nd edges and the process which forms the 2nd insulator in the 1st of the (g) aforementioned sensor, and the 2nd edge, (h) Carry out electrical connection of the process which establishes the 1st and 2nd leads, and the 1st aforementioned lead to the ferromagnetic layer of the above 1st, and carry out electrical connection of the 2nd aforementioned lead to the ferromagnetic layer of the above 2nd.

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to magnetic recording. It is related with the method and system for preparing junction of the tunnel magnetic reluctance which suits high-density magnetic recording especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] Junction of tunnel magnetic reluctance, i.e., TMR, is having be interesting in recent years for the possibility of use to reading of the record medium in a magnetoresistive head, i.e., an MR head. Drawing 1 (a) shows the side elevation of the conventional TMR sensor 10. Drawing 1 (a) shows the 1st and 2nd shields 24 and 26, the 1st, and 2nd gaps 20 and 22, leads 11 and 19, and the TMR sensor 10.

[0003] Drawing 1 (b) shows the side elevation of the conventional TMR sensor 10 seen from the field exposed to air, i.e., the magnetic material which uses the TMR sensor 10. In addition to the TMR sensor 10, drawing 1 (b) shows the leads 11 and 19, the 1st, and 2nd gaps 20 and 22, respectively. The conventional shields 24 and 26 which surround the conventional TMR sensor 10 partially are not shown in drawing 1 (b). The conventional TMR sensor 10 has the conventional antiferromagnetism layer (henceforth an AFM layer) 12, the conventional pin layer 14, the conventional barrier layer 16, and the conventional free layer 18. The TMR junction for the TMR sensor 10 consists of an interface between the conventional pin layer 14, the conventional barrier layer 16, and the conventional free layer 18. A part of the 1st surrounding some TMR sensors 10 and 2nd gaps 20 and 22 are shown. The conventional pin layer 14 and the conventional conventional free layer 18 are ferromagnetism. Since the conventional pin layer 14 is magnetically combined with the conventional AFM layer 12, the direction of magnetization is being fixed. The conventional AFM layer 12 has the thickness of about 100-300Å. The conventional pin layer 14 has the thickness of about 20-100Å. Instead of the conventional pin layer 14 which consists of a ferromagnetic layer of a monolayer, there is a TMR sensor 10 also with a bird clapper from the synthetic AFM layer which consists of the AFM layer and two ferromagnetic layers which were separated by the non-magnetic layer. The conventional barrier layer 16 has the thickness of 5-20Å, and the conventional free layer 18 has the thickness of 30-100Å typically.

[0004] Although the inside of the flat surface of space is turned to when an external magnetic field does not exist, the direction of magnetization of the conventional free layer 18 of the TMR sensor 10 answers an external magnetic field, and is rotated freely. The conventional free layer 18 consists of two-layer [ of cobalt (Co), a cobalt iron alloy (Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>) or a cobalt iron alloy (Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>), and a permalloy ] typically. The direction of magnetization of the conventional pin layer 14 is being perpendicularly fixed to the flat surface of space. The conventional pin layer 14 consists of cobalt (Co), iron (Fe), nickel (nickel), a ferronickel alloy (NiFe), and a cobalt iron alloy (CoFe) typically. The conventional barrier layer 16 consists of an aluminum oxide (aluminum 2O<sub>3</sub>) typically.

[0005] In order for the conventional TMR sensor 10 to function, a bias current drives among the leads 11 and 19 perpendicular to the flat surface of the layers 12, 14, 16, and 18 of the conventional TMR sensor 10. Therefore, the TMR sensor 10 is well-known as CPP junction which passes current to a film surface perpendicular direction. The sense of a bias current is shown by the arrow 25. It is thought that it calls at the spin polarization tunnel of the electron between the conventional free layer 18 and the conventional pin layer 14, the conventional magnetoresistance effect, i.e., MR effect, of the TMR sensor 10. Therefore, a spin polarization electron tunnels the conventional barrier layer, and gives the magnetoresistance effect. When the direction of magnetization of the conventional free layer 18 is parallel or anti-parallel to the direction of magnetization of the conventional pin layer 14, resistance of the conventional TMR sensor 10 is minimized or maximized, respectively. Furthermore, when an external magnetic field is not impressed, the direction of magnetization of the conventional free layer 18 is deflected at right angles to the direction of magnetization of the conventional pin layer 14, as shown in drawing 1 (b). The magnetic reluctance of MR

sensor, i.e., MR, is the difference of the maximum resistance of this MR sensor, and a minimum-drag value. Typically, it calls  $\Delta R/R$ , the magnetic-reluctance rate of change, i.e., MR ratio, of MR sensor, and it is given at percent. The typical magnetic reluctance of the conventional TMR sensor is about 20%. Since it has high MR ratio, the TMR sensor 10 is expected as high-density record, for example, a 1 square inch, i.e., a MR sensor for using it to high-density record of 40 gigabits per two (Gb) 6.45cm.

[0006] The conventional TMR sensor 10 functions in the use over high-density record, and although it may be used, this contractor will notice easily that the conventional free layer 18 is not deflected magnetically. Consequently, some troubles arise. In the first place, the response of the TMR sensor 10 does not exist to the alignment field of the transfer function of the reader which used the TMR sensor 10. Therefore, linearization of the TMR sensor 10 is not carried out. Consequently, the response of the conventional TMR sensor 10 changes with magnetic fields impressed. Therefore, the response of the TMR sensor about a positive and negative magnetic pulse did not have the same size or the same configuration, and was not desirable.

[0007] For example, drawing 2 shows the response 40 of the TMR sensor 10 which is not deflecting the conventional free layer 18 magnetically. The TMR sensor 10 as a seed layer as (Tantalum Ta) 50A and an AFM layer 12 by which the former was compounded 30A (NiFe) of ferronickel alloys, Copper (Cu) 10A and 70A (IrMn) of iridium manganese alloys, As a conventional pin layer 14, it has alumina 5A as 20A (CoFe) of cobalt iron alloys, and a conventional barrier layer 16, and has 20A (CoFe) of cobalt iron alloys, and 20A (NiFe) of ferronickel alloys as a conventional free layer. In order for the TMR sensor 10 not to deflect the conventional free layer 18 magnetically, it is shown that a graph 40 has the magnetic reluctance of the TMR sensor 10, and MR has the property of a hysteresis. If it puts in another way, MR of the conventional TMR sensor 10 does not have linearity to the impressed magnetic field depending on the history of the TMR sensor 10. Therefore, when used as a MR sensor, the conventional TMR sensor 10 does not read correctly the data memorized by the conventional record medium (not shown).

[0008] Furthermore, when the conventional free layer 18 of the conventional TMR sensor 10 is not deflected magnetically, the conventional free layer 18 may not have single magnetic-domain structure. Instead of having single magnetic-domain structure, the free layer 18 will be eased in the multi-magnetic-domain state. When the conventional free layer 18 does not have single magnetic-domain structure, the response of the conventional free layer may be influenced of a Barkhausen noise. Furthermore, the response of the TMR sensor 10 may include a hysteresis. These phenomena result in the change and the noise in the signal given by the TMR sensor 10.

[0009] When the conventional TMR sensor 10 is the conventional spin bulb (not shown), the conventional free layer 18 is deflected by adjoining the conventional TMR sensor 10 and preparing the hard magnetic substance. As typically shown in drawing 1 (b), the hard magnetic substance is arranged at right and left of the conventional TMR sensor 10. Therefore, a part of the 1st which adjoined the TMR sensor 10, and 2nd gaps 20 and 22 are filled up with the hard magnetic substance. The hard magnetic substance used typically has conductivity. For example, one of the hard magnetic substance used typically is a cobalt chromium platinum alloy (CoCrPt). Therefore, such the hard magnetic substance short-circuits the TMR sensor 10. If it puts in another way, the current between lead 11 and 19 will flow the inside of the conductive hard magnetic substance rather than will pass through the inside of the TMR sensor 10. The TMR sensor 10 stops therefore, functioning.

[0010] Consequently, conventional TMR sensor 10' shown in drawing 3 was developed. Conventional TMR sensor 10' has the structure of the same a large number substantially with the conventional TMR sensor 10 shown in drawing 1 (a) and (b). Drawing 1 (a), 1 (b), and 3 are referred to. The structure of conventional TMR sensor 10' attaches the number like the structure of the TMR sensor 10. for example, -- the former -- TMR -- a sensor -- ten -- ' -- the former -- antiferromagnetism -- a layer -- namely, -- AFM -- a layer -- 12 -- ' -- the former -- a pin -- a layer -- 14 -- ' -- the former -- an insulating layer -- 16 -- ' -- and -- the former -- free -- a layer -- 18 -- ' -- having . Lead 11' and 19' are also shown in drawing 3 . The insulating gap which may surround a part of MR head shown in drawing 3 is not shown. Furthermore, insulator 24', and 26' and the hard magnetic substance 28 and 30 are shown. The thickness of insulator 24' and 26' is hundreds of Å typically.

[0011] Since it is relatively thick, as for insulator 24' and 26', insulator 24' and 26' separate each of the hard magnetic substance 28 and 30 from conventional TMR sensor 10' physically and electrically. Therefore, since the hard magnetic substance 28 and 30 does not short-circuit conventional TMR sensor 10', the hard magnetic substance 28 and 30 becomes usable to the magnetic deviation of free layer 18', without short-circuiting conventional TMR sensor 10'. Therefore, conventional TMR sensor 10' does not show linearity more as compared with the conventional TMR sensor 10 which is not equipped with the free layer deflected magnetically. Furthermore, free layer 18' becomes easier to have single magnetic-domain structure.

[0012] Although it became possible to deflect conventional free layer 18' magnetically by forming the hard magnetic substance 28 and 30, this contractor will hit on an idea of the hard magnetic substance 28 and 30 easily not to deflect

conventional free layer 18' even to a desirable grade effectively. The hard magnetic substance 28 and 30 is physically separated from free layer 18' by a part of insulator 24' and each 26'. Consequently, in the field of free layer 18', the magnetic field generated with the hard magnetic substance 28 and 30 near the hard magnetic substance 28 and 30 becomes small. Therefore, the hard magnetic substance 28 and 30 was not so effective in making a desirable grade deflect free layer 18' magnetically. The response of free layer 18' becomes more nearly nonlinear than a desirable grade. Consequently, TMR sensor 10' was not more effective than a desirable grade in reading of the data memorized by the magnetic-recording medium. Furthermore, free layer 18' does not become single magnetic-domain structure. [0013] Therefore, the system and method for preparing the TMR junction with the free layer deflected magnetically more effectively were needed. this invention receives such need.

[0014]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] this invention offers the method and system for forming the magnetic-reluctance sensor for reading data in a record medium. This method and system have the process which prepares a free layer and a pin layer. A free layer has ferromagnetism and has the opposite-side 2nd side the 1st and 1st side. A pin layer has the direction of magnetization and is ferromagnetism. The direction of magnetization of a pin layer is being fixed in the specific direction. A pin layer is in the free layer 1st side. The method and system of this invention also have the process which prepares the barrier layer which separates the 1st near free layer and near pin layer. Since the tunnel of the charged particle between a pin layer and a free layer is permitted, a barrier layer is an insulating layer thin enough. This method and system also have the process which prepares a hard magnetic layer in the free layer 2nd side. A hard magnetic layer deflects a free layer magnetically.

[0015] By the system and method which were indicated below, this invention offers the magnetic-reluctance sensor which deflected the free layer magnetically effectively.

[0016]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned trouble, invention according to claim 1 The free layer which has ferromagnetism and has this, and the opposite-side 2nd side the 1st side, It has the direction of magnetization and the direction of magnetization of the pin layer which is ferromagnetism, and this pin layer is being fixed in the specific direction, The barrier layer which separates that this pin layer is located in the aforementioned free layer 1st side, and the free layer and the aforementioned pin layer of the 1st side of the above, and this barrier layer It is the insulating layer equipped with the thinness which is sufficient for permitting the tunnel of the charged particle between the aforementioned pin layer and the aforementioned free layer, The hard magnetic layer in the aforementioned free layer 2nd side and this hard magnetic layer make a summary the magnetic-reluctance sensor which has deflecting the aforementioned free layer magnetically and which reads data in a record medium.

[0017] Invention according to claim 2 makes it a summary to have further the nonmagnetic spacer layer arranged between the free layer of the 2nd side of the above, and the aforementioned hard magnetic layer in the magnetic-reluctance sensor indicated by the claim 1.

[0018] Let it be a summary for the aforementioned nonmagnetic spacer layer to be a layer which has conductivity in the magnetic-reluctance sensor by which invention according to claim 3 was indicated by the claim 2. In the magnetic-reluctance sensor by which invention according to claim 4 was indicated by the claim 2, the antiferromagnetism layer which adjoined the aforementioned fixed bed, and the aforementioned antiferromagnetism layer make it a summary to have that it is a layer for fixing the direction of magnetization of a pin layer in the specific direction.

[0019] In the magnetic-reluctance sensor by which invention according to claim 5 was indicated by the claim 2, the aforementioned pin layer makes it a summary to have a synthetic antiferromagnetism layer. In the magnetic-reluctance sensor by which invention according to claim 6 was indicated by the claim 2, the aforementioned barrier layer makes a bird clapper a summary from an alumina.

[0020] In the magnetic-reluctance sensor by which invention according to claim 7 was indicated by the claim 2, the aforementioned hard magnetic layer makes a bird clapper a summary from a cobalt chromium platinum alloy. In the magnetic-reluctance sensor by which invention according to claim 8 was indicated by the claim 2, the aforementioned hard magnetic layer makes a bird clapper a summary from a cobalt platinum alloy.

[0021] In the magnetic-reluctance sensor by which invention according to claim 9 was indicated by the claim 2, the aforementioned hard magnetic layer makes a bird clapper a summary from a cobalt chromium alloy. In the magnetic-reluctance sensor by which invention according to claim 10 was indicated by the claim 1, the aforementioned hard magnetic layer makes it a summary to have at least one sloping edge.

[0022] the magnetic-reluctance sensor by which invention according to claim 11 was indicated by the claim 10 -- setting -- the above -- let it be a summary for one sloping edge to have about 45-degree inclination, even if few

[0023] In the magnetic-reluctance sensor by which invention according to claim 12 was indicated by the claim 1, the aforementioned hard magnetic layer has coercive force, the aforementioned free layer is exposed to an external

magnetic field in the case of use, and the coercive force of the aforementioned hard magnetic layer makes it a summary to be larger than the aforementioned external magnetic field.

[0024] In the magnetic-reluctance sensor by which invention according to claim 13 was indicated by the claim 12, the aforementioned free layer has the 2nd coercive force, and the 2nd coercive force of the aforementioned free layer makes it a summary to be smaller than the aforementioned external magnetic field.

[0025] In the method of forming the magnetic-reluctance sensor for invention according to claim 14 reading data in a record medium The process which prepares a free layer, and this free layer have ferromagnetism, and it has the this and opposite-side 2nd side the 1st side, The process which prepares a pin layer, and this pin layer have the direction of magnetization, and are ferromagnetism, and the direction of magnetization of this pin layer is being fixed in the specific direction, The process which prepares the barrier layer which separates that this pin layer is in the aforementioned free layer 1st side, and the aforementioned free layer 1st side, and the aforementioned pin layer, and this barrier layer It is the insulating layer equipped with the thinness which is sufficient for permitting the tunnel of the charged particle between the aforementioned pin layer and the aforementioned free layer, Let it be a summary to have that the process which prepares a hard magnetic layer in the aforementioned free layer 2nd side, and the aforementioned hard magnetic layer are layers for deflecting the aforementioned free layer magnetically. <BR> [0026] Invention according to claim 15 makes it a summary to have had further the process which prepares the nonmagnetic spacer layer arranged between the aforementioned hard magnetic layers the aforementioned free layer 2nd side in the method indicated by the claim 14.

[0027] Let it be a summary for the aforementioned nonmagnetic spacer layer to be a conductive layer in the method by which invention according to claim 16 was indicated by the claim 15. Let it be a summary to have further that the process which invention according to claim 17 adjoins the aforementioned pin layer in the method indicated by the claim 15, and prepares an antiferromagnetism layer, and this antiferromagnetism layer are layers which fix the direction of magnetization of a pin layer in the specific direction.

[0028] In the method by which invention according to claim 18 was indicated by the claim 15, the process which prepares the aforementioned pin layer makes it a summary to have further the process which prepares a synthetic antiferromagnetism layer.

[0029] In the method by which invention according to claim 19 was indicated by the claim 15, the aforementioned barrier layer makes a bird clapper a summary from an alumina. In the method by which invention according to claim 20 was indicated by the claim 15, the aforementioned hard magnetic layer makes a bird clapper a summary from a cobalt chromium platinum alloy.

[0030] In the method by which invention according to claim 21 was indicated by the claim 15, the aforementioned hard magnetic layer makes a bird clapper a summary from a cobalt platinum alloy. In the method by which invention according to claim 22 was indicated by the claim 15, the aforementioned hard magnetic layer makes a bird clapper a summary from a cobalt chromium alloy.

[0031] In the method by which invention according to claim 23 was indicated by the claim 14, the aforementioned hard magnetic layer makes it a summary to have at least one sloping edge. the method by which invention according to claim 24 was indicated by the claim 23 -- setting -- the above -- let it be a summary for one sloping edge to have about 45-degree inclination, even if few

[0032] In the method by which invention according to claim 25 was indicated by the claim 14, the aforementioned hard magnetic layer has coercive force further, the aforementioned free layer is exposed to an external magnetic field in the case of use, and the coercive force of the aforementioned hard magnetic layer makes it a summary to be larger than the aforementioned external magnetic field.

[0033] In the method by which invention according to claim 26 was indicated by the claim 25, the aforementioned free layer has the 2nd coercive force, and the 2nd coercive force of the aforementioned free layer makes it a summary to be smaller than the aforementioned external magnetic field.

[0034] In the method of forming the magnetic-reluctance sensor for invention according to claim 27 reading the information on a record medium The layer for fixing the process which prepares the layer for fixing the direction of magnetization, and the direction of the aforementioned magnetization is adjoined. It has the direction of the magnetization fixed in the direction of specification [ the process which prepares the 1st ferromagnetic layer used as a pin layer, and this pin layer ], The process which forms the 1st insulator which adjoins the ferromagnetic layer of the above 1st and is used as a barrier layer, The process which prepares the 2nd ferromagnetic layer which adjoins the 1st insulator of the above and is used as a free layer, That this the ferromagnetic having [ this 2nd ferromagnetic layer ]-the 1st and 2nd side and 2nd layer 1st side adjoins the 1st insulator of the above, and the 1st insulator of the above It has the thinness which is sufficient for permitting the tunnel of the charged particle between the ferromagnetic layer of the above 1st, and the 2nd ferromagnetic layer, The process which prepares a hard magnetic layer in the aforementioned



free layer 2nd side, and the aforementioned hard magnetic layer deflect the aforementioned free layer magnetically, The process which \*\*\*\*\*s the layer for fixing the direction of the aforementioned magnetization, the 1st ferromagnetic layer, an insulating layer, the 2nd ferromagnetic layer, and a hard magnetic layer, and specifies the configuration of a sensor, That the aforementioned sensor has the 1st and 2nd edges and the process which forms the 2nd insulator in the 1st of the aforementioned sensor, and the 2nd edge, Let it be a summary to have carrying out electrical connection of the process which establishes the 1st and 2nd leads, and the 1st aforementioned lead to the ferromagnetic layer of the above 1st, and carrying out electrical connection of the 2nd aforementioned lead to the ferromagnetic layer of the above 2nd.

[0035]

[Embodiments of the Invention] this invention relates to improvement of magnetic-recording technology. The following publications are made as [ enable / to manufacture and use this invention / this contractor ], and are offered as a content of a matter required for patent application and it. The various change to the gestalt of suitable operation is clear to this contractor, and the indicated essential principle is applied also to the gestalt of other operations. Therefore, this invention is a thing which is not restricted to the gestalt of the following operations and follows a principle and the feature and which is most accepted in the latus range.

[0036] The conventional TMR sensor was leaning the interest for the use over high-density record. For example, the conventional TMR sensor in recent years is leaning the interest as 40 Gb/inch two or more, i.e., the reader of the material recorded by the density of 40 or more Gbs per two 6.45cm. However, the conventional TMR sensor had some faults. The free layer of the conventional TMR sensor was difficult to deviate magnetically. When the conventional free layer is not deflected magnetically, the response of the conventional TMR sensor does not become in alignment. When the edge of the conventional TMR sensor is adjoined and the conventional hard magnetic layer has been arranged, the conventional hard magnetic layer will short-circuit the conventional TMR sensor, and will be made into impotentia of operation. When the conventional insulating layer had been arranged between the edge of the conventional TMR sensor, and the hard magnetic layer, the conventional TMR sensor was not short-circuited. However, the conventional hard magnetic layer cannot deflect the conventional free layer appropriately for the distance between the conventional free layer and the conventional hard magnetic layer.

[0037] this invention offers the magnetic-reluctance sensor and its production method for reading data in a record medium. This method and system have the process which prepares a free layer and a pin layer. A free layer has ferromagnetism and has the opposite-side 2nd side the 1st and 1st side. A pin layer has the direction of magnetization and has ferromagnetism. The direction of magnetization of a pin layer is being fixed in the specific direction. A pin layer is in the free layer 1st side. The method and system of this invention also have the process which prepares the barrier layer which separates the 1st near free layer and near pin layer. Since the tunnel of the charged particle between a pin layer and a free layer is permitted, a barrier layer is an insulating layer thin enough. This method and system also have the process which prepares a hard magnetic layer in the free layer 2nd side. A hard magnetic layer deflects a free layer magnetically.

[0038] this invention is indicated about the form of specific operation of a TMR sensor. However, this contractor hits on an idea easily to this method and system acting effectively also about the form of the substitute implementation with other materials or other components. Furthermore, this invention has indicated how to form the TMR sensor by this invention in accordance with the turn of a specific method. However, to other methods which replaced turn with and adopted a different process, it is [ this invention ] contradictory, it is twisted, and this contractor hits on an idea easily especially. Furthermore, although the TMR sensor by this invention is indicated as a sensor simple substance, the TMR sensor of this invention is usable to a reading head or a combined head for which the both sides of reading and writing are possible to a medium.

[0039] In order to show the method and system by this invention more concretely, drawing 4 (a) which shows the plan which observed the TMR sensor 100 by this invention from the field exposed to a side elevation and air, respectively, and (b) are referred to. Drawing 4 (a) shows the TMR sensor 100, the 1st lead 122, the 2nd lead 124, the 1st gap 104, the 2nd gap 126, the 1st shield 102, and the 2nd shield 128. The front face which touches height [ of the stripe of the TMR sensor 100 ] h and the air of a magnetic material 101 which should be read is also shown in drawing 4 (a).

Magnetically, since it can penetrate, generally the 1st shield 102 and the 2nd shield 128 have conductivity. Each of the 1st and 2nd shields 102 and 128 is intercepted so that the TMR sensor 100 may not be exposed to any magnetic fields other than the magnetic field of the bit in the magnetic material 101 which should be read (not shown to drawing 4 (a)). Typically, the 1st gap 104 and the 2nd gap 126 are insulators, and separate the TMR sensor 100 from shields 102 and 128 electrically. The 1st gap 104 has an aluminum oxide to a desirable bird clapper. The 2nd gap 126 has an aluminum oxide to a desirable bird clapper. Although it is indicated that the 1st gap 104 has separated the 1st lead 122 from the 1st shield 102, the 1st shield 102 and the 1st lead 122 can also be combined. Similarly, although it is indicated that the



2nd gap 126 has separated the 2nd lead 124 from the 2nd shield 128, the 2nd shield 128 and the 2nd lead 124 can also be combined. This may decrease the space of a shield and may become advantageous from the shield around the TMR sensor 100 in high surface density further. Each combination of shields 104 and 128 and leads 122 and 124 is attained by establishing the nonmagnetic electric conduction leads 122 and 124 on a shield 104 and 128, respectively. [ such ] [0040] Drawing 4 (b) shows the TMR sensor 100 observed from the ABS side exposed to air, or the magnetic material 101 shown in drawing 4 (a). Drawing 4 (b) shows the TMR sensor 100 and leads 122 and 124. Gaps 118 and 120 are also shown. The TMR sensor 100 has the layer 106, the pin layer 108, the barrier layer 110, the free layer 112, and the hard magnetic layer 116 for fixing the direction of magnetization. As for the TMR sensor 100, it is desirable to also have the nonmagnetic spacer layer 114 between the hard magnetic layer 116 and the free layer 112. Furthermore, a seed layer may be prepared. The capping layer (not shown) may also be prepared on the TMR sensor 100.

Furthermore, drawing 4 (b) shows the direction 130 of current. Therefore, the TMR sensor 100 is a CPP sensor. Current may flow to parallel or anti-parallel to the direction of the current 130 shown in drawing 4 (b).

[0041] As for the layer 106 for fixing the direction of magnetization, it is desirable that it is antiferromagnetism, i.e., AFM. The layer 106 for fixing the direction of magnetization fixes the direction of magnetization of the pin layer 108. The pin layer 108 is ferromagnetism. The pin layer 108 may be a synthetic AFM layer which separated the ferromagnetism of a monolayer, or two ferromagnetic layers by the nonmagnetic spacer layer. For example, in the form of 1 operation, the pin layer 108 is a cobalt iron alloy (CoFe) or a ferronickel alloy (NiFe). When the free layer 112 has not received magnetic field interference, as for the direction of magnetization of the pin layer 108, it is desirable that it is perpendicular to the direction of magnetization of a free layer. As shown in drawing 4 (b), the direction of magnetization of the pin layer 108 is in the flat surface of space.

[0042] Other thickness is usable, although the free layer 112 has ferromagnetism and it is desirable that it is about 20-100Å. As for the free layer 112, it is desirable to contain a ferronickel alloy (NiFe), cobalt (Co), a cobalt iron alloy (CoFe), nickel (nickel), or those combination. In the form of suitable operation, the free layer 112 is a cobalt iron alloy (CoFe) containing about 10% of iron (Fe). The free layer 112 is a soft magnetism and it is desirable to have high spin polarization. For example, as for the free layer 110, it is desirable to have the coercive force about [ which is less than 790 A/m ] a number oersted at less than ten oersteds, i.e., SI unit. Therefore, the free layer 112 has coercive force sharply smaller than the external magnetic field to which the TMR sensor 100 is exposed, when reading a record medium 101. Therefore, the free layer 110 answers a record medium 101, and makes possible reading of the record medium 101 by the TMR sensor 100.

[0043] As for the barrier layer 108, it is desirable that it is the insulating layer whose thickness is about 5-20Å. The barrier layer 108 has the thinness which is sufficient for permitting the spin polarization tunnel of a charged particle like the electron between the free layer 112 and the pin layer 108. The barrier layer 108 has an aluminum oxide to a desirable bird clapper.

[0044] As for the hard magnetic layer 116, it is desirable to have magnetism and to have the thickness of about 100-600Å. You may adopt other thickness. The hard magnetic layer 116 may contain a cobalt iron alloy (CoFe), a cobalt chromium alloy (CoCr), a cobalt chromium platinum alloy (CoCrPt), or other hard magnetic materials. The hard magnetic layer 116 needs to have fairly bigger coercive force than the coercive force of a free layer. As for the coercive force of the hard magnetic layer 116, it is desirable to exceed 79,000 A/m by 1,000 oersteds, i.e., SI unit. Furthermore, as for the hard magnetic layer 116, it is desirable to have coercive force with bigger TMR sensor 100 and hard magnetic layer 116 than what magnetic field exposed at the time of operation.

[0045] The direction of magnetization of the hard magnetic layer 116 is held at the state where the coercive force of the hard magnetic layer 116 was deflected during operation of the TMR sensor 100 since it was above. Therefore, the direction of magnetization of the hard magnetic layer 116 is stable during operation of the TMR sensor 100 with the high coercive force of the hard magnetic layer 116. A paraphrase holds magnetization in the direction in which the hard magnetic layer 116 was set up during operation of the TMR sensor 100. Consequently, the hard magnetic layer 116 is usable in order to deflect the free layer 112 magnetically. For the reason, the hard magnetic layer 116 offers a magnetic deviation, and stabilizes the free layer 112.

[0046] Since the hard magnetic layer 116 is able to deflect the free layer 112 magnetically, linearization of the response of the free layer 112 is carried out. Furthermore, the free layer 112 may be single magnetic-domain structure. It is thought that the magnetic field generated by the hard magnetic layer 116 deflects the free layer 112 magnetically. For example, in the TMR sensor 100 shown in drawing 4 (b), as for the hard magnetic layer 116, the direction of magnetization is deflected by anti-parallel to the direction of magnetization of the free layer 112. Therefore, the direction of magnetization is deflected in parallel with the field where the hard magnetic layer 116 is exposed to a longitudinal direction, i.e., air. Therefore, the magnetic fields from the hard magnetic layer 116 are anti-parallel in the direction of magnetization of the hard magnetic layer 116 in the free layer 112. Therefore, the magnetic field from the

hard magnetic layer 116 can deflect the free layer 112 in the direction shown in drawing. It interferes especially in the magnetic field from the edge of a hard magnetic layer like the edge on either side shown in drawing 4 (b) with the free layer 112, and the direction of magnetization of the free layer 112 is deflected towards desired. Furthermore, as shown in drawing 4 (b) and drawing 5 (a), each of the hard magnetic layer 116 and 116' is on each of the free layer 112 and 112', or in the bottom. A magnetic field calls at the hard magnetic layer 116 and the edge of 116'. This magnetic field deflects each of the free layer 112 and 112'. Having the sloping edge, hard magnetic layer 116' with the free layer 112' bottom gives the magnetic field deflected more. Therefore, the free layer 112 and 112' have a linear response to a record medium, and have stable single magnetic-domain structure.

[0047] When the edge of the hard magnetic layer 116 shown in drawing 4 (a) had a desired inclination, it was also made clear that the performance of the hard magnetic layer 116 improved. In order to raise combination with the magnetic field and the free layer 112 by the direction of magnetization of the hard magnetic layer 116, it is thought that the edge of the hard magnetic layer 116 needs to have an inclination. The latus hard magnetic layer 116 shows the magnetic coupling by the intensity and the direction of a magnetic field in which the pars basilaris ossis occipitalis was generated by the edge of such a hard magnetic layer 116 rather than the upper part which improved. The inclination of about 45 degrees is desirable. However, a hard magnetic layer (not shown) with the perpendicular edge is also usable.

[0048] It is desirable to also use the spacer layer 114. The spacer layer 114 is nonmagnetic and conductivity desirably. Current needs to make it make it the spacer layer 114 as well as the hard magnetic layer 116 flow among leads 122 and 124 by the method of CPP which is a direction perpendicular to a film surface. The spacer layer 114 is used in order to separate the hard magnetic layer 116 from the free layer 112 magnetically partially. Consequently, only the magnetic field from the edge of the hard magnetic layer 116 deflects the free layer 112 in principle. When the spacer layer 114 is omitted, the hard magnetic layer 116 is powerfully combined to the free layer 112. Consequently, the free layer 112 is partially fixed by the hard magnetic layer 116 rather than is magnetically deflected by the hard magnetic layer. Such powerful magnetic coupling may be increased even to the grade exceeding the magnetic field generated by the record medium 101 in the coercive force of the free layer 112. Therefore, in order to deflect the method of a request of the free layer 112 magnetically, it is desirable for the spacer layer 114 to be used by the reason of the both sides for a free layer holding low coercive force. Generally the spacer layer 114 is 50-400Å, and it is desirable to contain a conductive non-magnetic material like a tantalum (Ta) or copper (Cu). Since the spacer layer 114 for orientation of the free layer 112, the hard magnetic layer 116, and the spacer layer 114 is able to produce thinly relatively as compared with the insulating layer currently used for the conventional TMR sensor, the magnetic coupling between the hard magnetic layer 116 and the free layer 112 is enough to deflect the free layer 112 appropriately.

[0049] Drawing 5 (a) shows the gestalt of other operations of TMR sensor 100'. TMR sensor 100' has the almost same structure as the TMR sensor 100 shown in drawing 4 (b). Drawing 4 (b) and drawing 5 (a) are referred to. The sign is given to the structure like the TMR sensor 100 at TMR sensor 100'. For example, free layer 112 of TMR sensor 100' corresponds to the free layer 112 of the TMR sensor 100. However, the turn of a structure is reverse. Therefore, layer 106' for fixing the direction of magnetization is in the upper part of TMR sensor 100', and hard magnetic layer 116' is in the lower part of TMR sensor 100'. However, in TMR sensor 100, 100', each of the free layer 112 and 112' is separated from each of the pin layer 108 and 108' by only the barrier layer 110 and 110', respectively. hard -- a magnetic layer -- 116 -- free -- a layer -- 112 -- the upper part -- it is -- hard -- a magnetic layer -- 116 -- ' -- free -- a layer -- 112 -- ' -- the lower part -- it is -- although -- hard -- a magnetic layer -- 116 -- 116 -- ' -- each -- free -- a layer -- 112 -- 112 -- ' -- the barrier -- a layer -- 110 -- 110 -- ' -- an opposite side -- it is . Therefore, the hard magnetic layer 116 and 116' do not interfere in each magnetic reluctance of the TMR sensor 100 and 100'. Instead, since the hard magnetic layer 116 and 116' deflect the free layer 112 and 112' magnetically, the free layer 112 and 112' are single magnetic domains, and have a linear response. Therefore, TMR sensor 100, 100' has the same advantage.

[0050] Drawing 5 (b) -6(b) is referred to to indicate the advantage of TMR sensor 100, 100' still more concretely. Drawing 5 (b) is the graph 150 which shows the calculated value of the response in the horizontal magnetic field of the form of 1 operation of TMR sensor 100' by this invention. A horizontal magnetic field is the kind of magnetic field exposed when TMR sensor 100, 100' reads a record medium. A graph 150 is a graph in TMR sensor 100' which has the inclination the hard magnetic layer 116 and each edge of whose of 116' are about 45 degrees. A record medium generates the magnetic field of about 19750 to 23700 A/m by about 250 to 300 oersted, i.e., SI unit, typically in a ABS side. A graph 150 shows that MR ratio of TMR sensor 100' is alignment relatively. This is understood by comparing a graph 150 with the graph 40 shown in drawing 2 . Drawing 5 (b) is referred to again. Since the free layer 112 and 112' are deflected magnetically, when linearization of the response of TMR sensor 100' is carried out and it is used for a device, it is desirable.

[0051] Drawing 6 (a) is the graph 160 which shows the calculated value of the resistance change in the horizontal magnetic field of the form of 1 operation of TMR sensor 100' by this invention. Therefore, the response of TMR sensor

100' was changed into MR ( $\Delta R$ ) from MR ratio ( $\Delta R/R$ ), and also the graph 160 is the same as a graph 150. TMR sensor 100' has about 15-ohm response in the magnetic field exceeding the range of the magnetic field exposed at the time of operation so that a graph 160 may show. Although graphs 150 and 160 are graphs about TMR sensor 100', it has an advantage with the same said of the TMR sensor 100. Therefore, by the hard magnetic layer 116 and 116', TMR sensor 100, 100' shows a linear response to an external magnetic field, and has the free layer 112 and 112' whose each is a single magnetic domain, respectively.

[0052] Drawing 6 (b) is the graph 170 which shows the response of the form of 1 operation of TMR sensor 100' with the side which inclined to the horizontal magnetic field by this invention. TMR sensor 100' consists of 50A chromium (Cr), a 400A cobalt chromium platinum alloy (CoCrPt), a 100A tantalum (Ta), 40A copper (Cu), a 70A iridium manganese alloy (IrMn), a 20A cobalt iron alloy (CoFe), a 5A alumina, a 20A cobalt iron alloy (CoFe), and a 20A ferronickel alloy (NiFe). Linearization of the response of TMR sensor 100' is carried out so that a graph 170 may show. Although graphs 150, 160, and 170 are graphs about TMR sensor 100', it has the advantage as TMR sensor 100' also with the same TMR sensor 100.

[0053] Drawing 7 shows the high-level flow chart of the method 200 for preparing TMR sensor 100, 100' by this invention. According to a process 202, the ferromagnetic pin layer 108 and 108' are prepared. The barrier layer 110 and 110' are prepared according to a process 204. the barrier layer 110 and 110' -- the free layer 112 and 112' -- respectively -- \*\* -- the pin layer 108 and 108' -- respectively -- \*\* -- it is in between The ferromagnetic free layer 112 and 112' are prepared according to a process 206. It is desirable to prepare the spacer layer 114 and 114' according to a process 208. The spacer layer 114 and 114' are located in each and the opposite side of each the 'barrier layer 110 and 110' of the free layers 112 and 112. The hard magnetic layer 116 and 116' are prepared according to a process 210. The hard magnetic layer 116 and 116' are in the free layer 112, each barrier layer 110 of 112', and each and the opposite side of 110'. The hard magnetic layer 116 and 116' adjoin each of the spacer layer 114 and 114'. therefore, the spacer layer 114 and 114' -- the hard magnetic layer 116 and 116' -- respectively -- \*\* -- the free layer 112 and 112' -- respectively -- \*\* -- it is located in between

[0054] Drawing 8 shows the still more detailed flow chart of the method 250 by this invention. A method 250 is indicated as a method of preparing TMR sensor 100' and TMR sensor 100" indicated below. However, a method 250 suits easily, when forming the TMR sensor 100. A method 250 is indicated according to drawing 9 -14 which show the form of 1 operation of TMR sensor 100" at the time of production. the TMR sensor 100 -- it has Composition AFM as 'layer 106' for fixing the direction of magnetization, although 'is almost the same as that of TMR sensor 100" TMR sensor 100, 100 '100' has many advantages in common.

[0055] Drawing 8 -14 are referred to. The 1st shield and the 1st gap are prepared according to a process 252. The 1st gap is prepared on the 1st shield in a process 252. And 1st lead 122' is prepared in a process 254. However, when 1st lead 122' is combined with the 1st shield, you may omit the 1st gap. Furthermore, when consisting of the same material, you may prepare 1st lead 122' simultaneously with the 1st shield. A ground layer, i.e., a seed layer, is prepared in a process 256. A seed layer has about 50A tantalum (Ta) to a desirable bird clapper. And in a process 258, the material used as hard magnetic layer 116' is prepared. A hard magnetic layer consists of 50-100A chromium (Cr), and a 100-600A cobalt platinum alloy (CoPt) or a cobalt iron alloy (CoFe) in the form of 1 operation.

[0056] It is desirable to prepare one or more non-magnetic layers which should become spacer layer 114' at a process 260. As for the non-magnetic layer prepared in a process 260, it is desirable that it is a conductor. In the form of 1 operation, the non-magnetic layer prepared at a process 260 consists of a 50-400A tantalum (Ta). And in a process 262, one or more layers used as free layer 112' are prepared. These one or more layers consist of layers of a 10-50A ferronickel alloy (NiFe), and layers of a 5-20A cobalt iron alloy (CoFe) in the form of 1 operation. In a process 264, the insulator used as barrier layer 110' is formed. As for an insulator, it is desirable to contain the 5-10A aluminum (aluminum) which oxidizes and serves as an alumina. In a process 266, one or more magnetic layers used as pin layer 108' are prepared on this insulator. In a process 268, the material used as layer 106' for fixing the direction of magnetization is prepared after that. one -- operation -- a form -- setting -- magnetization -- a direction -- fixing -- a sake -- a layer -- 106 -- ' -- composition -- AFM -- it is -- others -- operation -- a form -- setting -- magnetization -- a direction -- fixing -- a sake -- a layer -- 106 -- ' -- the monolayer of antiferromagnetism -- it is .

[0057] drawing 9 -- magnetization -- a direction -- fixing -- a sake -- a layer -- 106 -- ' -- using it -- material -- preparing -- having had -- the back -- TMR -- a sensor -- 100 -- ' -- ' -- being shown . 1st lead 122' is also shown. TMR sensor 100" -- the ground layer 132 and the hard magnetic layer 116 -- ", spacer layer 114", and the free layer 112 -- the insulator which should become 'ferromagnetic layer and barrier layer 110' used as ", and the pin layer 108 -- it consists of two or more layers which should become 'layer 106' for fixing other ferromagnetic layers which should become ', and the direction of magnetization' Layer 106' for fixing the direction of magnetization consists of the spacer layer 134, the nonmagnetic ferromagnetic layer 136, and the nonmagnetic AFM layer 138. In the form of 1 operation, the

nonmagnetic spacer layer 134 consists of a 6-8Å ruthenium (Ru), a ferromagnetic layer consists of a 20Å cobalt iron alloy (CoFe), and the AFM layer 138 consists of a 50-100Å iridium manganese alloy (IrMn) or a 100-350Å platinum manganese alloy (PtMn).

[0058] Photoresist structure is established in a process 270. Drawing 10 shows TMR sensor 100" which has the photoresist structure 140. As for the photoresist structure 140, it is desirable that it is two-layer photoresist structure as shown in drawing 10. In a process 272, the width of face of TMR sensor 100" is specified. As for a TMR sensor, it is desirable to use the photoresist structure 140 as a mask and to specify the configuration of a layer established in the front process by ion milling. Drawing 11 shows TMR sensor 100" after the process 272 which specifies a TMR sensor. Although the edge of TMR sensor 100" shown in drawing 11 -13 inclines, this is desirable rather than perpendicular.

[0059] One or more insulating layers are prepared in a process 274. In the gestalt of suitable operation, the photoresist structure 140 between deposition of one or more insulators is left behind as a mask. Therefore, in order to insulate the side of TMR sensor 100", it is also possible to prepare the insulating layer of a monolayer. Drawing 12 shows TMR sensor 100" after the process 274 was performed. the TMR sensor 100 -- 'gap 118" of the edge of ', 120" are prepared the photoresist structure 140 -- a gap 118 -- the mask of a part of insulating layer 142 used in order to prepare ", 120" is carried out Therefore, gap 118 ", 120" can form by one deposition.

[0060] Lift-off processing is performed after that by the process 276. Lift-off processing performed at a process 276 removes the two-layer photoresist structure 140. therefore, the gap 118 -- a part of insulating layer 142 which forms ", 120" is removed Drawing 13 shows TMR sensor 100" after lift-off processing was performed in the process 276. Therefore, the photoresist structure 140 and a part of insulating layer 142 are removed. however, the gap 118 -- ", 120", and the TMR sensor 100 -- "and lead 122" remain Although not illustrated, you may prepare a capping layer optionally.

[0061] The 2nd lead is established in a process 278. The AFM layer 138 is exposed after a lift off by lift-off processing of a process 276. Consequently, it is possible to form electrical connection to TMR sensor 100". Drawing 14 shows TMR sensor 100" after the end of a process 278. Therefore, 2nd lead 124" is also shown. In a process 280, you may form the 2nd gap and the 2nd shield. However, when electrical connection of the 2nd lead 124" is carried out to the 2nd shield, you may omit the 2nd gap. Furthermore, in the gestalt of substitute implementation, the 2nd lead 124" and the 2nd shield (not shown) can be prepared simultaneously.

[0062] Methods 200 and 250 are used and it is possible the TMR sensor 100, 100', and to prepare 100". being such -- TMR -- a sensor -- 100,100 -- ' -- 100 -- ' -- ' -- free -- a layer -- 112 -- 112 -- ' -- 112 -- ' -- ' -- each -- suitable -- magnetic deflection -- carrying out -- making -- things -- being possible. Therefore, linearization of TMR sensor 100,100' and 100" is carried out. Furthermore, methods 200 and 250 are similar to the production process of the conventional spin bulb sensor. Therefore, a method 200,250 is performed simply relatively.

[0063] The hard magnetic layer of the upper part of a free layer or the lower part was used, and the method and system for forming the TMR sensor to which magnetic deflection of the free layer was carried out were indicated. Although this invention has been indicated according to the shown gestalt of operation, this contractor can change to the gestalt of operation and it hits on an idea of these change easily for them to be the meaning of this invention, and within the limits. Therefore, much change may be made by this contractor, without deviating from the meaning and the range of a claim.

[0064]

[Effect of the Invention] According to invention indicated by a claim 1 or 27, it is desirable, when, as for a free layer, it has a single magnetic domain, linearization of the response of a magnetic-reluctance sensor is carried out by it and it is used for a device by it, since the free layer is magnetically deflected by the hard magnetic layer. Moreover, since a hard magnetic layer is located in the barrier layer and opposite side of a free layer, it does not interfere in the magnetic reluctance of a magnetic-reluctance sensor.

[0065] According to invention indicated by a claim 2 or 9, a spacer layer is used in order to separate a hard magnetic layer and a free layer magnetically partially. When a spacer layer is omitted, a hard magnetic layer is powerfully combined to a free layer, and a free layer will be partially fixed by the hard magnetic layer rather than will be deflected magnetically. Although such powerful magnetic coupling may be increased even to the grade exceeding the magnetic field generated by the record medium in the coercive force of a free layer, a free layer holds low coercive force by preparing a spacer layer. Moreover, only the magnetic field from the edge of a hard magnetic layer makes the direction of magnetization of a free layer deflected in principle by preparing a spacer layer.

[0066] According to invention indicated by claims 10 and 11, the edge of a hard magnetic layer has a desired inclination, and raises the performance of a hard magnetic layer by the intensity and the direction of a magnetic field which were generated by the edge of such a hard magnetic layer. By the magnetic field deflected from the hard magnetic layer's, a free layer will answer in alignment to a record medium, and will have stable single magnetic-

domain structure.

[0067] Since it is similar to the production process of the conventional spin bulb sensor, the method indicated by a claim 14 or 27 is performed simply.

---

[Translation done.]

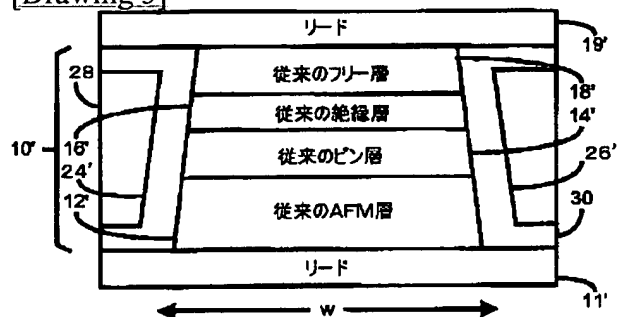
## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

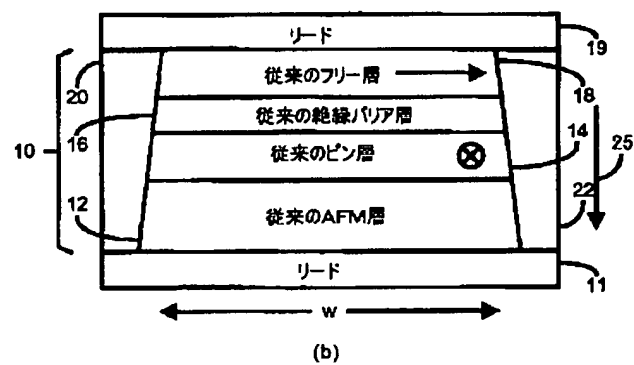
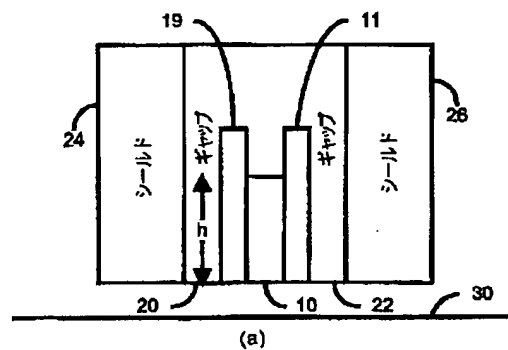
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

[Drawing 3]

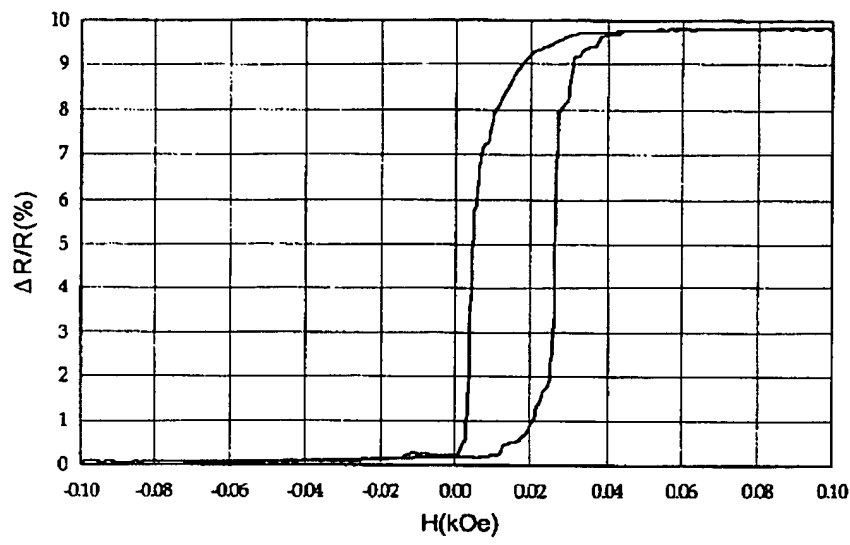


[Drawing 1]

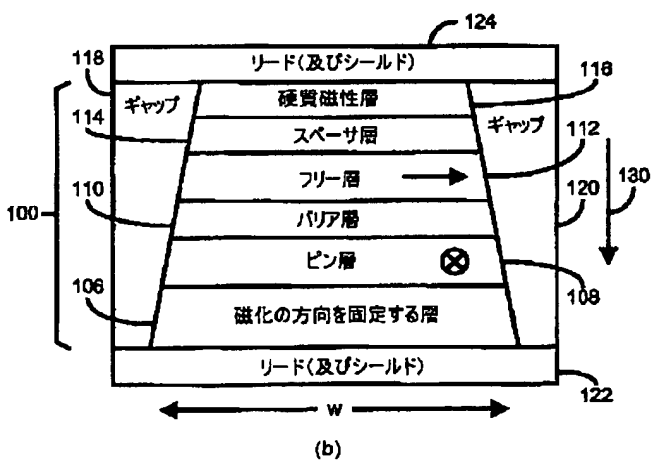
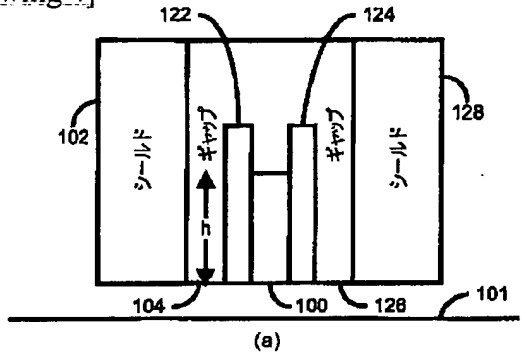


[Drawing 2]

40

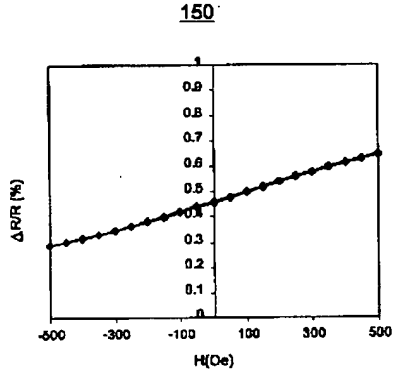
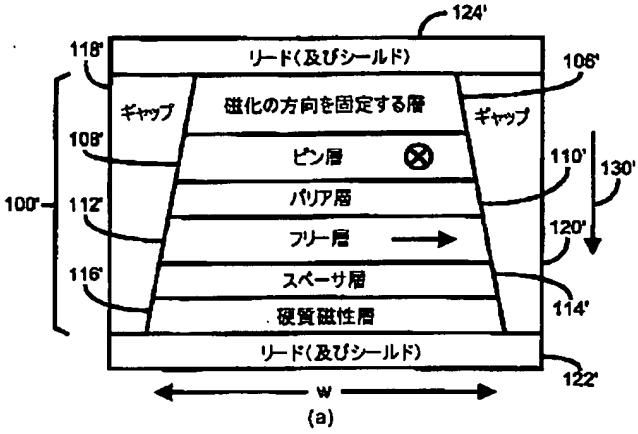


[Drawing 4]

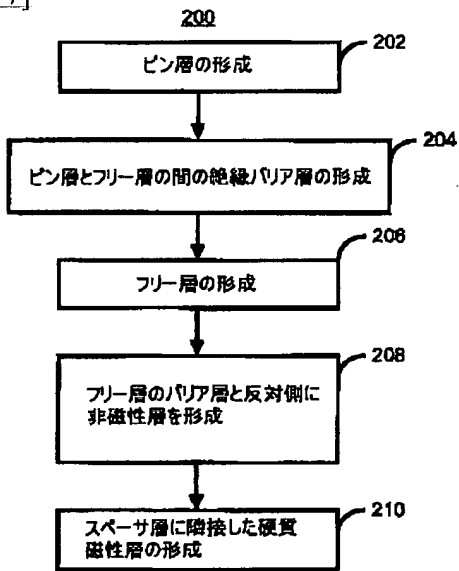


[Drawing 5]





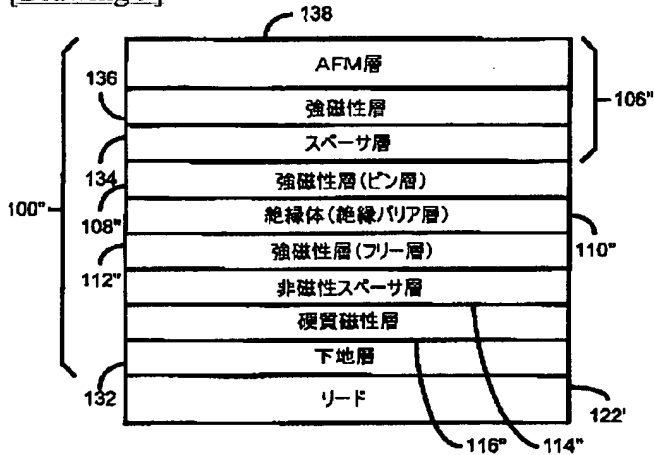
[Drawing 7]



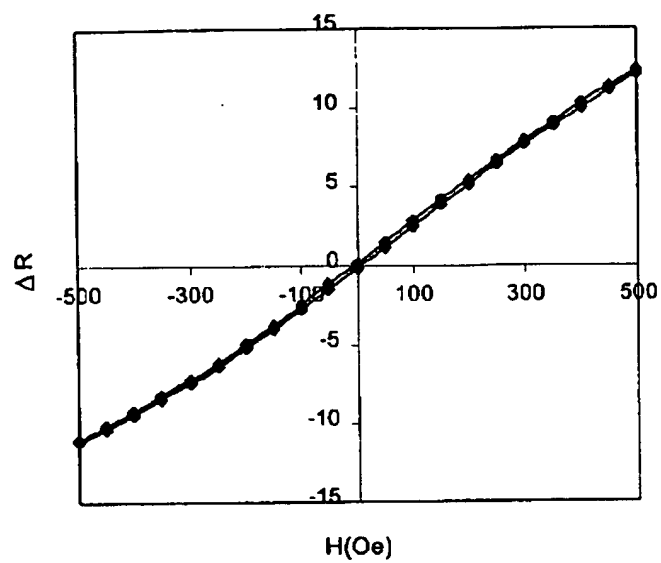
[Drawing 8]



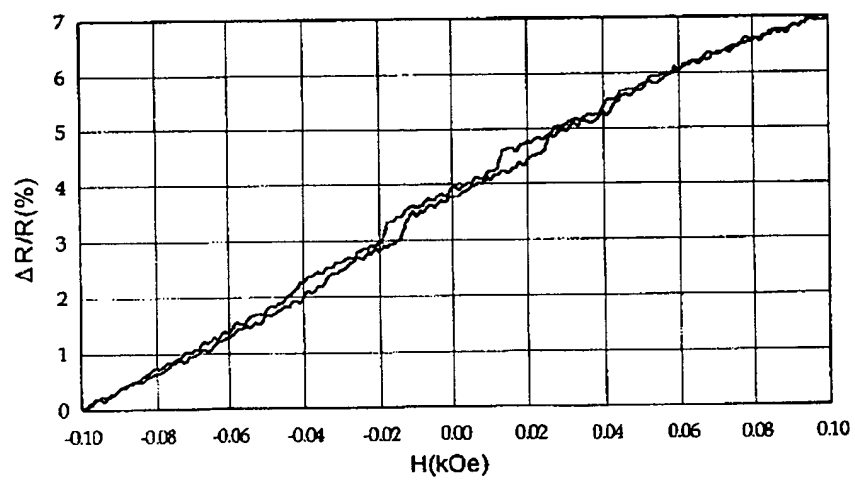
[Drawing 9]



[Drawing 6]

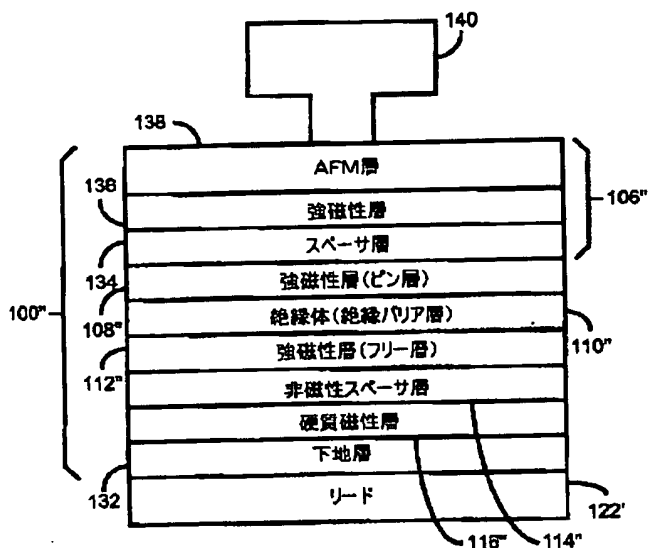
160

(a)

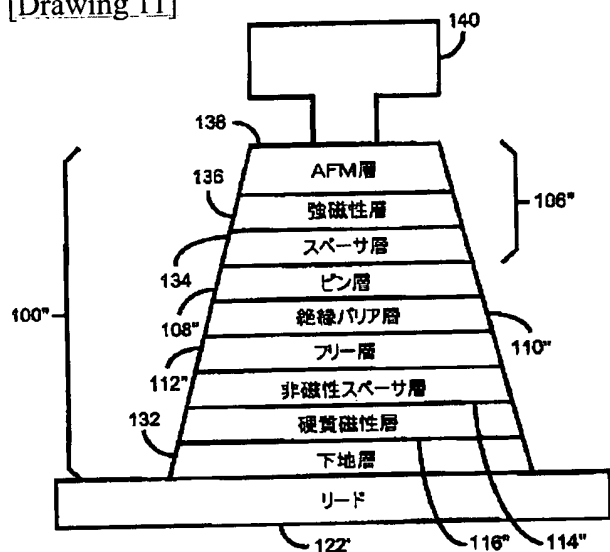
170

(b)

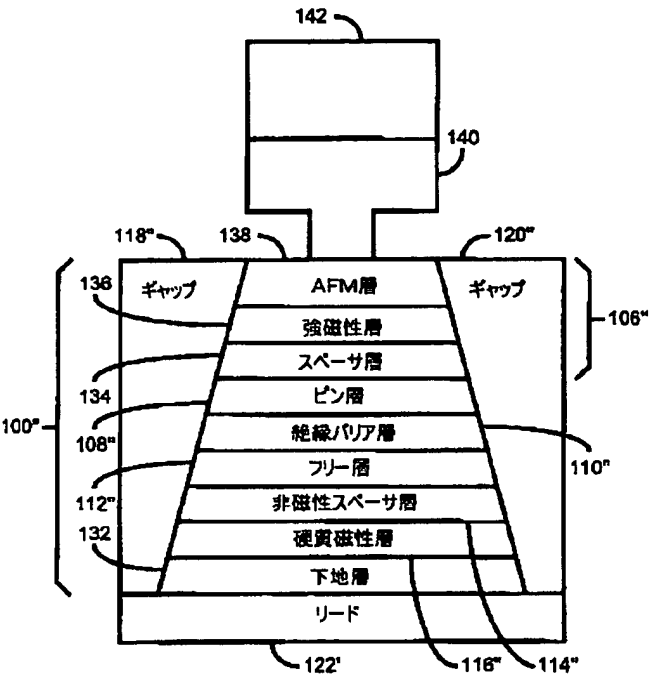
[Drawing 10]



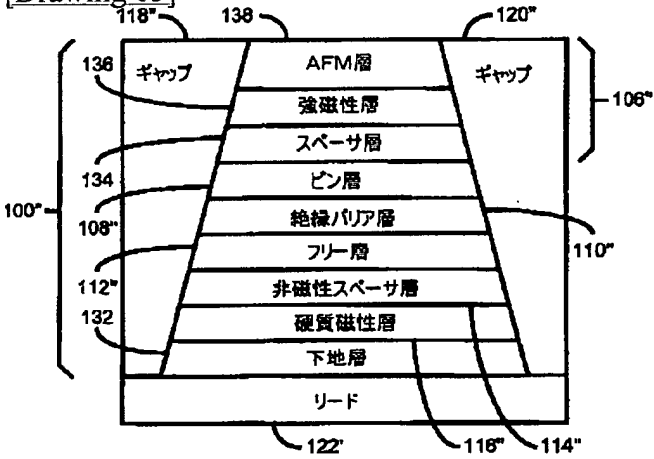
[Drawing 11]



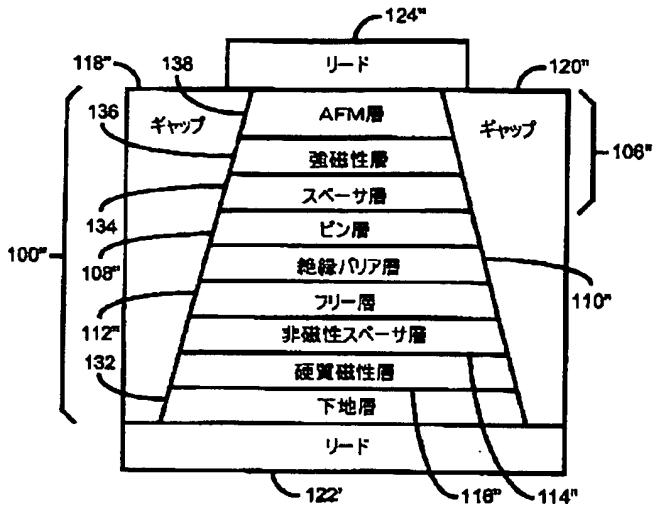
[Drawing 12]



[Drawing 13]



[Drawing 14]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2002-117510

(P 2002-117510 A)

(43) 公開日 平成14年4月19日 (2002. 4. 19)

(51) Int. Cl. 7	識別記号	F I	テ-マコ-ド (参考)	
G 1 1 B	5/39	G 1 1 B	5/39	2G017
G 0 1 R	33/09	H 0 1 F	10/16	5D034
H 0 1 F	10/16		10/30	5E049
	10/30	H 0 1 L	43/08	Z
// H 0 1 L	43/08		43/12	
審査請求 未請求 請求項の数 27		O L		(全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-200660 (P2001-200660)

(22) 出願日 平成13年7月2日 (2001. 7. 2)

(31) 優先権主張番号 09/618849

(32) 優先日 平成12年7月18日 (2000. 7. 18)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 592060422

リード-ライト コーポレーション

READ-RITE CORPORATION

アメリカ合衆国・94539・カリフォルニア  
州・フレモント・オスグッド ロード・4  
4100

(72) 発明者 キュウシク シン

アメリカ合衆国 94303 カリフォルニア  
州 パロ アルト タンランド ドライブ  
1080 ナンバー 207

(74) 代理人 100068755

弁理士 恩田 博宣 (外1名)

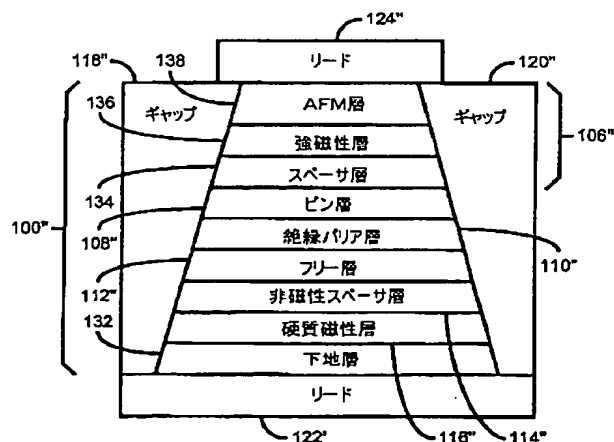
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フリー層を偏向させる硬質磁性体を使用した TMR センサを設ける方法及びシステム

(57) 【要約】

【課題】 記録媒体からデータを読み取る磁気抵抗センサを設ける方法及びシステムを提供する。

【解決手段】 本方法及びシステムは、フリー層 (112'') 及びピン層 (108'') を設ける工程を有する。フリー層は強磁性体であり、第1の側及びこれに対向する第2の側を有する。ピン層は磁化の方向を有し、強磁性である。ピン層の磁化の方向は、特定の方向に固定される。ピン層は、フリー層の第1の側にある。本方法及びシステムは、フリー層の第1の側とピン層とを分離するバリア層を設ける工程を有する。バリア層 (110'') は、ピン層とフリー層との間の荷電粒子のトンネルを許容するに足る薄さを有する絶縁層である。本方法及びシステムは、フリー層の第2の側に硬質磁性層を設ける工程も有する。硬質磁性層 (116'') は、フリー層を磁氣的に偏向させる。





## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 強磁性を有し、第 1 の側とこれと反対側の第 2 の側とを有するフリー層と、

磁化の方向を有し強磁性であるピン層と、このピン層の磁化の方向は特定の方向に固定されていることと、このピン層は前記フリー層の第 1 の側にあることと、

前記第 1 の側のフリー層と前記ピン層とを分離するバリア層と、このバリア層は、前記ピン層と前記フリー層との間の荷電粒子のトンネルを許容するに足りる薄さを備えた絶縁層であることと、

前記フリー層の第 2 の側にある硬質磁性層と、この硬質磁性層は前記フリー層を磁氣的に偏向させることとを有する、記録媒体からデータを読み取る磁気抵抗センサ。

【請求項 2】 前記第 2 の側のフリー層と前記硬質磁性層との間に配置された非磁性のスペーサ層をさらに有する請求項 1 に記載された磁気抵抗センサ。

【請求項 3】 前記非磁性のスペーサ層は導電性を有する層である請求項 2 に記載された磁気抵抗センサ。

【請求項 4】 前記固定層に隣接した反強磁性層と、前記反強磁性層は、ピン層の磁化の方向を特定の方向に固定するための層であることとをさらに有する請求項 2 に記載された磁気抵抗センサ。

【請求項 5】 前記ピン層は合成反強磁性層からなる請求項 2 に記載された磁気抵抗センサ。

【請求項 6】 前記バリア層はアルミナからなる請求項 2 に記載された磁気抵抗センサ。

【請求項 7】 前記硬質磁性層は、コバルトクロム白金合金 (CoCrPt) からなる請求項 2 に記載された磁気抵抗センサ。

【請求項 8】 前記硬質磁性層は、コバルト白金合金 (CoPt) からなる請求項 2 に記載された磁気抵抗センサ。

【請求項 9】 前記硬質磁性層は、コバルトクロム合金 (CoCr) からなる請求項 2 に記載された磁気抵抗センサ。

【請求項 10】 前記硬質磁性層は少なくとも 1 つの傾斜した端部を有する請求項 1 に記載された磁気抵抗センサ。

【請求項 11】 前記少なくとも 1 つの傾斜した端部は約 45° の傾斜を有する請求項 10 に記載された磁気抵抗センサ。

【請求項 12】 前記硬質磁性層はさらに保磁力を有し、前記フリー層は使用の際に外部磁界にさらされ、前記硬質磁性層の保磁力は前記外部磁界よりも大きい請求項 1 に記載された磁気抵抗センサ。

【請求項 13】 前記フリー層は第 2 の保磁力を有し、前記フリー層の第 2 の保磁力は前記外部磁界よりも小さい請求項 12 に記載された磁気抵抗センサ。

【請求項 14】 記録媒体からデータを読み取るための磁気抵抗センサを設ける方法において、(a) フリー層

を設ける工程と、このフリー層は強磁性を有し、第 1 の側とこれと反対側の第 2 の側を有することと、(b) ピン層を設ける工程と、このピン層は磁化の方向を有し、強磁性であり、このピン層の磁化の方向は特定の方向に固定されていることと、このピン層は前記フリー層の第 1 の側にあることと、(c) 前記第 1 の側のフリー層と前記ピン層とを分離するバリア層を設ける工程と、このバリア層は、前記ピン層と前記フリー層との間の荷電粒子のトンネルを許容するに足りる薄さを備えた絶縁層であることと、(d) 前記フリー層の第 2 の側に硬質磁性層を設ける工程と、前記硬質磁性層は前記フリー層を磁氣的に偏向させるための層であることとを有する方法。

【請求項 15】 (e) 前記第 2 の側のフリー層と前記硬質磁性層との間に配置された非磁性のスペーサ層を設ける工程をさらに有する請求項 14 に記載された方法。

【請求項 16】 前記非磁性のスペーサ層は導電層であるような請求項 15 に記載された方法。

【請求項 17】 (f) 前記ピン層に隣接して反強磁性層を設ける工程と、この反強磁性層はピン層の磁化の方向を特定の方向に固定する層であることとをさらに有する請求項 15 に記載された方法。

【請求項 18】 前記ピン層を設ける工程 (b) は、(b1) 合成反強磁性層を設ける工程をさらに有する請求項 15 に記載された方法。

【請求項 19】 前記バリア層はアルミナからなる請求項 15 に記載された方法。

【請求項 20】 前記硬質磁性層はコバルトクロム白金合金 (CoCrPt) からなる請求項 15 に記載された方法。

【請求項 21】 前記硬質磁性層はコバルト白金合金 (CoPt) からなる請求項 15 に記載された方法。

【請求項 22】 前記硬質磁性層はコバルトクロム合金 (CoCr) からなる請求項 15 に記載された方法。

【請求項 23】 前記硬質磁性層は少なくとも 1 つの傾斜した端部を有する請求項 14 に記載された方法。

【請求項 24】 前記少なくとも 1 つの傾斜した端部は約 45° の傾斜を有する請求項 23 に記載された方法。

【請求項 25】 前記硬質磁性層は保磁力を有し、前記フリー層は使用の際に外部磁界にさらされ、前記硬質磁性層の保磁力は前記外部磁界よりも大きい請求項 14 に記載された方法。

【請求項 26】 前記フリー層は第 2 の保磁力を有し、前記フリー層の第 2 の保磁力は前記外部磁界よりも小さい請求項 25 に記載された方法。

【請求項 27】 記録媒体上の情報を読み取るための磁気抵抗センサを設ける方法において、(a) 磁化の方向を固定するための層を設ける工程と、(b) 前記磁化の方向を固定するための層に隣接して、ピン層として使用される第 1 の強磁性層を設ける工程と、このピン層は特定の方向に固定された磁化の方向を有することと、

(c) 前記第 1 の強磁性層に隣接して、バリア層として使用される第 1 の絶縁体を設ける工程と、(d) 前記第 1 の絶縁体に隣接して、フリー層として使用される第 2 の強磁性層を設ける工程と、この第 2 の強磁性層が第 1 及び第 2 の側を有することと、この第 2 の強磁性層の第 1 の側は前記第 1 の絶縁体に隣接することと、前記第 1 の絶縁体は、前記第 1 の強磁性層と第 2 の強磁性層との間の荷電粒子のトンネルを許容するに足りる薄さを有することと、(e) 前記フリー層の第 2 の側に硬質磁性層を設ける工程と、前記硬質磁性層は前記フリー層を磁氣的に偏向させることと、(f) 前記磁化の方向を固定するための層、第 1 の強磁性層、絶縁層、第 2 の強磁性層及び硬質磁性層をエッチングしてセンサの形状を規定する工程と、前記センサは第 1 及び第 2 の端部を有することと、(g) 前記センサの第 1 及び第 2 の端部に第 2 の絶縁体を設ける工程と、(h) 第 1 及び第 2 のリードを設ける工程と、前記第 1 のリードは前記第 1 の強磁性層に電気接続し、前記第 2 のリードは前記第 2 の強磁性層に電気接続することとを有する方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気記録に関する。特に、高密度磁気記録に適合するトンネル磁気抵抗の接合を設けるための方法及びシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】トンネル磁気抵抗、即ち TMR の接合は、磁気抵抗ヘッド、即ち MR ヘッドにおける記録媒体の読み取りに対する利用の可能性のため、近年興味を持たれている。図 1 (a) は、従来の TMR センサ 10 の側面図を示す。図 1 (a) は、第 1 及び第 2 のシールド 24、26、第 1 及び第 2 のギャップ 20、22、リード 11、19 及び TMR センサ 10 を示す。

【0003】図 1 (b) は、空気にさらされた面、即ち TMR センサ 10 を使用する磁性材料から見た従来の TMR センサ 10 の側面図を示す。TMR センサ 10 に加えて、図 1 (b) は、リード 11、19 及び第 1 及び第 2 のギャップ 20、22 をそれぞれ示す。図 1 (b) には、従来の TMR センサ 10 を部分的に包囲する従来のシールド 24、26 が示されていない。従来の TMR センサ 10 は、従来の反強磁性層（以下 AFM 層という）12、従来のピン層 14、従来のバリア層 16、及び従来のフリー層 18 を有する。TMR センサ 10 のための TMR 接合は、従来のピン層 14、従来のバリア層 16、及び従来のフリー層 18 の間の界面からなる。TMR センサ 10 の一部を囲む第 1 及び第 2 のギャップ 20、22 の一部も示されている。従来のピン層 14 及び従来のフリー層 18 は強磁性である。従来のピン層 14 は、従来の AFM 層 12 に磁氣的に結合されているため、磁化の方向が固定されている。従来の AFM 層 12 は、約 100～300 Å の厚さを有する。従来のピン層

14 は、約 20～100 Å の厚さを有する。単層の強磁性層からなる従来のピン層 14 の代わりに、TMR センサ 10 は、非磁性層により分離された、AFM 層と 2 つの強磁性層とからなる合成 AFM 層からなることもある。従来のバリア層 16 は、典型的には 5～20 Å の厚さを有し、従来のフリー層 18 は、典型的には 30～100 Å の厚さを有する。

【0004】TMR センサ 10 の従来のフリー層 18 の磁化の方向は、外部磁界が存在しないときは、紙面の平面内を向いているが、外部磁界に応答して自由に回転する。従来のフリー層 18 は、典型的にはコバルト (Co)、コバルト鉄合金 ( $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ )、又はコバルト鉄合金 ( $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ ) とパーマロイの 2 層からなる。従来のピン層 14 の磁化の方向は紙面の平面に対して垂直に固定されている。従来のピン層 14 は、典型的にはコバルト (Co)、鉄 (Fe)、ニッケル (Ni)、ニッケル鉄合金 ( $\text{NiFe}$ )、コバルト鉄合金 (CoFe) からなる。従来のバリア層 16 は、典型的には酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) からなる。

【0005】従来の TMR センサ 10 が機能するためには、従来の TMR センサ 10 の層 12、14、16、18 の平面と垂直なリード 11、19 の間にバイアス電流が駆動される。従って、TMR センサ 10 は膜面垂直方向に電流を流す、C/P 接合として公知である。バイアス電流の向きは矢印 25 により示される。従来の TMR センサ 10 の磁気抵抗効果、即ち MR 効果は、従来のフリー層 18 と従来のピン層 14 との間の電子のスピン偏極トンネルによるものと考えられている。従って、スピン偏極電子は従来のバリア層をトンネルして、磁気抵抗効果を与える。従来のフリー層 18 の磁化の方向が従来のピン層 14 の磁化の方向に対して平行、又は反平行であるときは、従来の TMR センサ 10 の抵抗は、それぞれ最小化、又は最大化される。さらに、従来のフリー層 18 の磁化の方向は、外部磁界が印加されないときは、図 1 (b) に示されるように従来のピン層 14 の磁化の方向に垂直に偏向されている。MR センサの磁気抵抗、即ち MR は、この MR センサの最大抵抗値と最小抵抗値との差である。MR センサの磁気抵抗変化率、即ち MR 比は、典型的には  $\Delta R/R$  と呼ばれ、パーセントで与えられる。従来の TMR センサの典型的な磁気抵抗は、約 20 パーセントである。高い MR 比を有することもあり、TMR センサ 10 は、高密度記録、例えば 1 平方インチ即ち 6.45  $\text{cm}^2$  あたり 40 ギガビット (Gb) の高密度記録に対して使用するための MR センサとして期待されている。

【0006】従来の TMR センサ 10 は高密度記録に対する用途において機能し、使用されることがあるが、当業者は従来のフリー層 18 が磁氣的に偏向されていないことに容易に気付くであろう。その結果、いくつかの問題点が生じる。第一に、TMR センサ 10 の応答は、T

MRセンサ10を使用した読取装置の伝達関数の線形領域に存在しない。従って、TMRセンサ10は線形化されない。その結果、従来のTMRセンサ10の応答は、印加される磁界によって異なる。そのため、正及び負の磁気パルスについてのTMRセンサの応答は、同一の大きさや形状を有さず、望ましくなかった。

【0007】例えば、図2は、従来のフリー層18を磁氣的に偏向させていないTMRセンサ10の応答40を示す。TMRセンサ10は、シード層としてタンタル(Ta)50Å、従来の合成されたAFM層12としてニッケル鉄合金(NiFe)30Å、銅(Cu)10Å、及びイリジウムマンガン合金(IrMn)70Å、従来のピン層14としてコバルト鉄合金(CoFe)20Å、従来のバリア層16としてアルミナ5Å、及び従来のフリー層としてコバルト鉄合金(CoFe)20Å及びニッケル鉄合金(NiFe)20Åを有する。TMRセンサ10が従来のフリー層18を磁氣的に偏向させないため、グラフ40は、TMRセンサ10の磁気抵抗、即ちMRはヒステリシスの性質を有することを示している。換言すると、従来のTMRセンサ10のMRは、TMRセンサ10の履歴に依存し、印加された磁界に対して線形性を有しない。そのため、MRセンサとして使用されたときに、従来のTMRセンサ10は従来の記録媒体(図示せず)に記憶されたデータを正確に読み取らない。

【0008】さらに、従来のTMRセンサ10の従来のフリー層18が磁氣的に偏向されていない場合に、従来のフリー層18は単磁区構造を有しないことがある。単磁区構造を有する代わりに、フリー層18は多磁区状態に緩和してしまう。従来のフリー層18が単磁区構造を有しないときは、従来のフリー層の応答はバルクハウゼンノイズの影響を受けることがある。さらに、TMRセンサ10の応答はヒステリシスを含むことがある。これらの現象は、TMRセンサ10により与えられる信号における変化やノイズに帰着する。

【0009】従来のTMRセンサ10が従来のスピナルブ(図示せず)であった場合は、従来のTMRセンサ10に隣接して硬質磁性体を設けることにより、従来のフリー層18は偏向される。典型的には図1(b)に示されるように硬質磁性体は従来のTMRセンサ10の左右に配置される。従って、TMRセンサ10に隣接した第1及び第2のギャップ20、22の一部には硬質磁性体が充填される。典型的に使用される硬質磁性体は導電性を有する。例えば、典型的に使用される硬質磁性体の1つはコバルトクロム白金合金(CoCrPt)である。そのため、このような硬質磁性体は、TMRセンサ10を短絡させる。換言すると、リード11、19間の電流は、TMRセンサ10内を通過するのではなく、導電性の硬質磁性体内を流れる。そのため、TMRセンサ10は機能しなくなる。

【0010】その結果、図3に示される従来のTMRセンサ10'が開発された。従来のTMRセンサ10'は、図1(a)、(b)に示された従来のTMRセンサ10と実質的に同一の多数の構成物を有する。図1(a)、1(b)、3を参照する。従来のTMRセンサ10'の構成物は、TMRセンサ10の構成物と同様に番号を付している。例えば、従来のTMRセンサ10'は、従来の反強磁性層、即ちAFM層12'、従来のピン層14'、従来の絶縁層16'、及び従来のフリー層18'を有する。図3には、リード11'、19'も示されている。図3に示されたMRヘッドの一部を包囲することがある絶縁ギャップは示されていない。さらに、絶縁体24'、26'、及び硬質磁性体28、30が示されている。絶縁体24'、26'の厚さは典型的には数百Åである。

【0011】絶縁体24'、26'が相対的に厚いため、絶縁体24'、26'は硬質磁性体28、30のそれぞれを従来のTMRセンサ10'から物理的、及び電氣的に分離する。そのため、硬質磁性体28、30は従来のTMRセンサ10'を短絡させないので、硬質磁性体28、30は従来のTMRセンサ10'を短絡させることなくフリー層18'の磁氣的偏向に使用可能となる。従って、従来のTMRセンサ10'は磁氣的に偏向されたフリー層を備えない従来のTMRセンサ10と比較してより線形性を示さない。さらに、フリー層18'は、より単磁区構造を有しやすくなる。

【0012】硬質磁性体28、30を設けることにより従来のフリー層18'を磁氣的に偏向することが可能となったが、硬質磁性体28、30は従来のフリー層18'を望ましい程度にまで効果的に偏向させないことに、当業者は容易に想到するであろう。硬質磁性体28、30は、絶縁体24'、26'のそれぞれの一部によりフリー層18'から物理的に分離されている。その結果、フリー層18'の領域においては、硬質磁性体28、30の近傍よりも硬質磁性体28、30により生成された磁界が小さくなる。そのため、硬質磁性体28、30はフリー層18'を望ましい程度に磁氣的に偏向させることにおいてあまり効果的ではなかった。フリー層18'の応答は望ましい程度よりもより非線形となる。その結果、TMRセンサ10'は、磁気記録媒体に記憶されたデータの読み取りにおいて、望ましい程度よりも、効果的でなかった。さらに、フリー層18'は、単磁区構造とならない。

【0013】従って、より効果的に磁氣的に偏向されたフリー層を有したTMR接合を設けるためのシステム及び方法が必要とされていた。本発明はそのような需要に対するものである。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、記録媒体からデータを読み取るための磁気抵抗センサを設けるため

の方法及びシステムを提供する。この方法及びシステムは、フリー層及びピン層を設ける工程を有する。フリー層は強磁性を有し、第1の側、及び第1の側と反対側の第2の側を有する。ピン層は磁化の方向を有し、強磁性である。ピン層の磁化の方向は、特定の方向に固定されている。ピン層はフリー層の第1の側にある。本発明の方法及びシステムは、第1の側のフリー層とピン層とを分離するバリア層を設ける工程も有する。バリア層は、ピン層とフリー層との間の荷電粒子のトンネルを許容するために十分に薄い絶縁層である。この方法及びシステムは、フリー層の第2の側に硬質磁性層を設ける工程も有する。硬質磁性層は、フリー層を磁氣的に偏向させる。

【0015】以下に記載されたシステム及び方法により、本発明は、効果的にフリー層を磁氣的に偏向させた磁気抵抗センサを提供する。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するために、請求項1に記載の発明は、強磁性を有し、第1の側とこれと反対側の第2の側とを有するフリー層と、磁化の方向を有し強磁性であるピン層と、このピン層の磁化の方向は特定の方向に固定されていることと、このピン層は前記フリー層の第1の側に位置することと、前記第1の側のフリー層と前記ピン層とを分離するバリア層と、このバリア層は、前記ピン層と前記フリー層との間の荷電粒子のトンネルを許容するに足りる薄さを備えた絶縁層であることと、前記フリー層の第2の側にある硬質磁性層と、この硬質磁性層は前記フリー層を磁氣的に偏向させることを有する、記録媒体からデータを読み取る磁気抵抗センサを要旨とする。

【0017】請求項2に記載の発明は、請求項1に記載された磁気抵抗センサにおいて、前記第2の側のフリー層と前記硬質磁性層との間に配置された非磁性のスペーサ層をさらに有することを要旨とする。

【0018】請求項3に記載の発明は、請求項2に記載された磁気抵抗センサにおいて、前記非磁性のスペーサ層は導電性を有する層であることを要旨とする。請求項4に記載の発明は、請求項2に記載された磁気抵抗センサにおいて、前記固定層に隣接した反強磁性層と、前記反強磁性層は、ピン層の磁化の方向を特定の方向に固定するための層であることを有することを要旨とする。

【0019】請求項5に記載の発明は、請求項2に記載された磁気抵抗センサにおいて、前記ピン層は合成反強磁性層を有することを要旨とする。請求項6に記載の発明は、請求項2に記載された磁気抵抗センサにおいて、前記バリア層はアルミナからなることを要旨とする。

【0020】請求項7に記載の発明は、請求項2に記載された磁気抵抗センサにおいて、前記硬質磁性層は、コバルトクロム白金合金からなることを要旨とする。請求項8に記載の発明は、請求項2に記載された磁気抵抗セ

ンサにおいて、前記硬質磁性層は、コバルト白金合金からなることを要旨とする。

【0021】請求項9に記載の発明は、請求項2に記載された磁気抵抗センサにおいて、前記硬質磁性層は、コバルトクロム合金からなることを要旨とする。請求項10に記載の発明は、請求項1に記載された磁気抵抗センサにおいて、前記硬質磁性層は少なくとも1つの傾斜した端部を有することを要旨とする。

【0022】請求項11に記載の発明は、請求項10に記載された磁気抵抗センサにおいて、前記少なくとも1つの傾斜した端部は約45°の傾斜を有することを要旨とする。

【0023】請求項12に記載の発明は、請求項1に記載された磁気抵抗センサにおいて、前記硬質磁性層は保磁力を有し、前記フリー層は使用の際に外部磁界にさらされ、前記硬質磁性層の保磁力は前記外部磁界よりも大きいことを要旨とする。

【0024】請求項13に記載の発明は、請求項12に記載された磁気抵抗センサにおいて、前記フリー層は第2の保磁力を有し、前記フリー層の第2の保磁力は前記外部磁界よりも小さいことを要旨とする。

【0025】請求項14に記載の発明は、記録媒体からデータを読み取るための磁気抵抗センサを設ける方法において、フリー層を設ける工程と、このフリー層は強磁性を有し、第1の側とこれと反対側の第2の側を有することと、ピン層を設ける工程と、このピン層は磁化の方向を有し、強磁性であり、このピン層の磁化の方向は特定の方向に固定されていることと、このピン層は前記フリー層の第1の側にあることと、前記フリー層の第1の側と前記ピン層とを分離するバリア層を設ける工程と、このバリア層は、前記ピン層と前記フリー層との間の荷電粒子のトンネルを許容するに足りる薄さを備えた絶縁層であることと、前記フリー層の第2の側に硬質磁性層を設ける工程と、前記硬質磁性層は前記フリー層を磁氣的に偏向させるための層であることを有することを要旨とする。

【0026】請求項15に記載の発明は、請求項14に記載された方法において、前記フリー層の第2の側と前記硬質磁性層との間に配置された非磁性のスペーサ層を設ける工程をさらに有したことを要旨とする。

【0027】請求項16に記載の発明は、請求項15に記載された方法において、前記非磁性のスペーサ層は導電層であることを要旨とする。請求項17に記載の発明は、請求項15に記載された方法において、前記ピン層に隣接して反強磁性層を設ける工程と、この反強磁性層はピン層の磁化の方向を特定の方向に固定する層であることをさらに有することを要旨とする。

【0028】請求項18に記載の発明は、請求項15に記載された方法において、前記ピン層を設ける工程は、合成反強磁性層を設ける工程をさらに有することを要旨とする。

とする。

【0029】請求項19に記載の発明は、請求項15に記載された方法において、前記バリア層はアルミナからなることを要旨とする。請求項20に記載の発明は、請求項15に記載された方法において、前記硬質磁性層はコバルトクロム白金合金からなることを要旨とする。

【0030】請求項21に記載の発明は、請求項15に記載された方法において、前記硬質磁性層はコバルト白金合金からなることを要旨とする。請求項22に記載の発明は、請求項15に記載された方法において、前記硬質磁性層はコバルトクロム合金からなることを要旨とする。

【0031】請求項23に記載の発明は、請求項14に記載された方法において、前記硬質磁性層は少なくとも1つの傾斜した端部を有することを要旨とする。請求項24に記載の発明は、請求項23に記載された方法において、前記少なくとも1つの傾斜した端部は約45°の傾斜を有することを要旨とする。

【0032】請求項25に記載の発明は、請求項14に記載された方法において、前記硬質磁性層はさらに保磁力を有し、前記フリー層は使用の際に外部磁界にさらされ、前記硬質磁性層の保磁力は前記外部磁界よりも大きいことを要旨とする。

【0033】請求項26に記載の発明は、請求項25に記載された方法において、前記フリー層は第2の保磁力を有し、前記フリー層の第2の保磁力は前記外部磁界よりも小さいことを要旨とする。

【0034】請求項27に記載の発明は、記録媒体上の情報を読み取るための磁気抵抗センサを設ける方法において、磁化の方向を固定するための層を設ける工程と、前記磁化の方向を固定するための層に隣接して、ピン層として使用される第1の強磁性層を設ける工程と、このピン層は特定の方向に固定された磁化の方向を有することと、前記第1の強磁性層に隣接して、バリア層として使用される第1の絶縁体を設ける工程と、前記第1の絶縁体に隣接して、フリー層として使用される第2の強磁性層を設ける工程と、この第2の強磁性層が第1及び第2の側を有することと、この第2の強磁性層の第1の側は前記第1の絶縁体に隣接することと、前記第1の絶縁体は、前記第1の強磁性層と第2の強磁性層との間の荷電粒子のトンネルを許容するに足る薄さを有することと、前記フリー層の第2の側に硬質磁性層を設ける工程と、前記硬質磁性層は前記フリー層を磁氣的に偏向させることと、前記磁化の方向を固定するための層、第1の強磁性層、絶縁層、第2の強磁性層及び硬質磁性層をエッチングしてセンサの形状を規定する工程と、前記センサは第1及び第2の端部を有することと、前記センサの第1及び第2の端部に第2の絶縁体を設ける工程と、第1及び第2のリードを設ける工程と、前記第1のリードは前記第1の強磁性層に電気接続し、前記第2のリード

は前記第2の強磁性層に電気接続することとを有することを要旨とする。

【0035】

【発明の実施の形態】本発明は、磁気記録技術の改良に関する。以下の記載は、当業者が本発明を製造し、使用することを可能とするようになされるものであり、特許出願及びそれに必要な事項の内容として提供される。好適な実施の形態に対する多様な変更が当業者には明らかであり、記載された本質的な原則は他の実施の形態に対しても適用される。従って、本発明は以下の実施の形態に制限されるものではなく、原則及び特徴に従う最も広い範囲において認められるものである。

【0036】従来のTMRセンサは、高密度記録に対する用途のために関心をもたれていた。例えば、近年における従来のTMRセンサは、40Gb/in<sup>2</sup>以上、即ち、6.45cm<sup>2</sup>あたり40Gb以上の密度で記録した材料の読取装置として関心をもたれている。しかし、従来のTMRセンサはいくつかの欠点を有していた。従来のTMRセンサのフリー層は、磁氣的に偏向することが困難であった。従来のフリー層が磁氣的に偏向されないときは、従来のTMRセンサの応答は線形的にならない。従来のTMRセンサの端部に隣接して従来の硬質磁性層が配置されたときは、従来の硬質磁性層は従来のTMRセンサを短絡させ、動作不能にしてしまう。従来の絶縁層が従来のTMRセンサの端部と硬質磁性層との間に配置されると、従来のTMRセンサは短絡しなかった。しかし、従来のフリー層と従来の硬質磁性層との間の距離のため、従来の硬質磁性層は従来のフリー層を適切に偏向させることができない。

【0037】本発明は、記録媒体からデータを読み取るための磁気抵抗センサ及びその作製方法を提供する。この方法及びシステムは、フリー層及びピン層を設ける工程を有する。フリー層は強磁性を有し、第1の側及び第1の側と反対側の第2の側を有する。ピン層は磁化の方向を有し、強磁性を有する。ピン層の磁化の方向は、特定の方向に固定されている。ピン層はフリー層の第1の側にある。本発明の方法及びシステムは、第1の側のフリー層とピン層とを分離するバリア層を設ける工程も有する。バリア層は、ピン層とフリー層との間における荷電粒子のトンネルを許容するために十分に薄い絶縁層である。この方法及びシステムは、フリー層の第2の側に硬質磁性層を設ける工程も有する。硬質磁性層は、フリー層を磁氣的に偏向させる。

【0038】本発明は、TMRセンサの特定の実施の形態について記載されている。しかし、当業者は、この方法及びシステムは、他の材料又は他の成分を有した、代替の実施の形態についても効果的に作用することに、容易に想到する。さらに、本発明は特定の方法的順番に沿って本発明によるTMRセンサを形成する方法を記載している。しかし、本発明は順番を代え、異なる工程を採

用した他の方法に矛盾しないことに、当業者は容易に想到する。さらに、本発明によるTMRセンサはセンサ単体として記載されるが、本発明のTMRセンサは、読み取りヘッド、又は媒体に対して読み取りと書き込みの双方が可能であるような複合ヘッドに使用可能である。

【0039】本発明による方法及びシステムをより具体的に示すために、本発明によるTMRセンサ100をそれぞれ側面図及び空気にさらされる面から観察した平面図を示す、図4(a)、(b)を参照する。図4(a)は、TMRセンサ100、第1のリード122、第2のリード124、第1のギャップ104、第2のギャップ126、第1のシールド102、及び第2のシールド128を示す。TMRセンサ100のストライプの高さh、及び読み取られるべき磁性材料101の空気に接する表面も図4(a)に示されている。第1のシールド102及び第2のシールド128は磁氣的に透過可能であるため、一般的に導電性を有する。第1及び第2のシールド102、128のそれぞれは、読み取られるべき磁性材料101中のビット(図4(a)に図示せず)の磁界以外の磁界にTMRセンサ100をさらさないように遮断する。第1のギャップ104及び第2のギャップ126は、典型的には絶縁体であり、TMRセンサ100をシールド102、128から電氣的に分離する。第1のギャップ104は酸化アルミニウムからなることが望ましい。第2のギャップ126は酸化アルミニウムからなることが望ましい。第1のリード122は第1のギャップ104により第1のシールド102から分離しているように示されているが、第1のシールド102及び第1のリード122は組み合わせることも可能である。同様に、第2のリード124は第2のギャップ126により第2のシールド128から分離しているように示されているが、第2のシールド128及び第2のリード124は組み合わせることも可能である。このことは、TMRセンサ100の周囲のシールドからシールドのスペースを減少させ、さらに高面密度において有利となる可能性がある。このようなシールド104、128及びリード122、124のそれぞれの組み合わせは、シールド104、128上に非磁性導電リード122、124をそれぞれ設けることにより達成される。

【0040】図4(b)は、空気にさらされるABS面、或いは図4(a)に示された磁性材料101から観察したTMRセンサ100を示す。図4(b)はTMRセンサ100及びリード122、124を示す。ギャップ118、120も示されている。TMRセンサ100は、磁化の方向を固定するための層106、ピン層108、バリア層110、フリー層112、及び硬質磁性層116を有する。TMRセンサ100は、硬質磁性層116とフリー層112との間に非磁性のスペーサ層114も有することが望ましい。さらに、シード層が設けられてもよい。TMRセンサ100上にはキャッピング層

(図示せず)も設けられていてもよい。さらに、図4(b)は電流の方向130を示す。従って、TMRセンサ100はCPPセンサである。電流は図4(b)に示された電流130の方向に対して平行、又は反平行に流れることがある。

【0041】磁化の方向を固定するための層106は、反強磁性、即ちAFMであることが望ましい。磁化の方向を固定するための層106は、ピン層108の磁化の方向を固定する。ピン層108は強磁性である。ピン層108は、単層の強磁性、又は2つの強磁性層を非磁性のスペーサ層により分離した合成AFM層であってもよい。例えば、一実施の形態において、ピン層108はコバルト鉄合金(CoFe)又はニッケル鉄合金(NiFe)である。ピン層108の磁化の方向は、フリー層112が外部磁界の影響を受けていないときはフリー層の磁化の方向と垂直であることが望ましい。図4(b)に示されるように、ピン層108の磁化の方向は紙面の平面内にある。

【0042】フリー層112は強磁性を有し、約20〜100Åであることが望ましいが、他の厚さも使用可能である。フリー層112は、ニッケル鉄合金(NiFe)、コバルト(Co)、コバルト鉄合金(CoFe)、ニッケル(Ni)、又はそれらの組み合わせを含有することが望ましい。好適な実施の形態において、フリー層112は、約10%の鉄(Fe)を含有するコバルト鉄合金(CoFe)である。フリー層112は、軟磁性であり、高いスピン偏極を有することが望ましい。例えば、フリー層110は、10エルステッド未満、即ちSI単位系では790A/m未満であるような、数エルステッド程度の保磁力を有することが望ましい。従って、フリー層112は、記録媒体101を読み込むときにTMRセンサ100がさらされる外部磁界よりも大幅に小さい保磁力を有する。そのため、フリー層110は記録媒体101に応答し、TMRセンサ100による記録媒体101の読み込みを可能とさせる。

【0043】バリア層108は厚さが約5〜20Åの絶縁層であることが望ましい。バリア層108は、フリー層112とピン層108との間における、電子のような荷電粒子のスピン偏極トンネルを許容するに足る薄さを有する。バリア層108は、酸化アルミニウムからなることが望ましい。

【0044】硬質磁性層116は、磁性を有し、約100〜600Åの厚さを有することが望ましい。他の厚さを採用してもよい。硬質磁性層116は、コバルト鉄合金(CoFe)、コバルトクロム合金(CoCr)、コバルトクロム白金合金(CoCrPt)、又は他の硬質磁性材料を含有してもよい。硬質磁性層116は、フリー層の保磁力よりも相当に大きな保磁力を有する必要がある。硬質磁性層116の保磁力は1,000エルステッド、即ちSI単位系で79,000A/mを超えるこ

とが望ましい。さらに、硬質磁性層 116 は、TMR センサ 100 及び硬質磁性層 116 が動作時にさらされるいかなる磁界よりも大きな保磁力を有することが望ましい。

【0045】硬質磁性層 116 の保磁力が上記のようであるため、硬質磁性層 116 の磁化の方向は TMR センサ 100 の動作の間偏向された状態に保持される。従って、硬質磁性層 116 の磁化の方向は、硬質磁性層 116 の高い保磁力により、TMR センサ 100 の動作の間、安定である。換言すると、硬質磁性層 116 は TMR センサ 100 の動作の間、設定された方向に磁化が保持される。その結果、硬質磁性層 116 はフリー層 112 を磁氣的に偏向させるために使用可能である。硬質磁性層 116 は、そのため磁氣的な偏向を提供し、フリー層 112 を安定化させる。

【0046】硬質磁性層 116 がフリー層 112 を磁氣的に偏向させることが可能であるため、フリー層 112 の応答が線形化される。さらに、フリー層 112 は単磁区構造であってもよい。硬質磁性層 116 により生成される磁界は、フリー層 112 を磁氣的に偏向させるものと考えられる。例えば、図 4 (b) に示された TMR センサ 100 においては、硬質磁性層 116 はフリー層 112 の磁化の方向に対して反平行に磁化の方向が偏向されている。そのため、硬質磁性層 116 は長手方向、即ち空気にさらされる面に平行に磁化の方向が偏向される。従って、硬質磁性層 116 からの磁界は、フリー層 112 において硬質磁性層 116 の磁化の方向に反平行である。従って、硬質磁性層 116 からの磁界は、図に示された方向にフリー層 112 を偏向させることが可能である。特に、図 4 (b) に示された左右の端部のような硬質磁性層の端部からの磁界は、フリー層 112 と干渉し、フリー層 112 の磁化の方向は所望の方向に偏向される。さらに、図 4 (b)、図 5 (a) に示されるように、硬質磁性層 116、116' のそれぞれはフリー層 112、112' のそれぞれの上又は下にある。磁界は硬質磁性層 116、116' の端部によるものである。この磁界は、フリー層 112、112' のそれぞれを偏向させる。傾斜した端部を有し、フリー層 112' の下側にある硬質磁性層 116' はより偏向された磁場を与える。従って、フリー層 112、112' は記録媒体に対して線形の応答を有し、安定な単磁区構造を有する。

【0047】図 4 (a) に示された硬質磁性層 116 の端部が所望の傾斜を有するときに硬質磁性層 116 の性能が向上することも判明した。硬質磁性層 116 の磁化の方向による磁界とフリー層 112 との結合を向上させるためには、硬質磁性層 116 の端部は傾斜を有する必要があると考えられている。底部が上部よりも広い硬質磁性層 116 は、このような硬質磁性層 116 の端部により生成された磁界の強度及び方向による向上した磁気

結合を示す。約  $45^\circ$  の傾きが望ましい。しかし、垂直な端部を有した硬質磁性層 (図示せず) も使用可能である。

【0048】スペーサ層 114 も使用されることが望ましい。スペーサ層 114 は非磁性であり、望ましくは導電性である。硬質磁性層 116 と同様に、スペーサ層 114 も、リード 122、124 の間に膜面に垂直な方向である CPP の方式で電流が流れるようにさせる必要がある。スペーサ層 114 は、硬質磁性層 116 をフリー層 112 から部分的に磁氣的に分離するために使用される。その結果、原則的に硬質磁性層 116 の端部からの磁界のみがフリー層 112 を偏向させる。スペーサ層 114 が省略された場合は、硬質磁性層 116 はフリー層 112 に対して強力に結合される。その結果、フリー層 112 は硬質磁性層により磁氣的に偏向されるのではなく、部分的に硬質磁性層 116 により固定される。このような強力な磁気結合はフリー層 112 の保磁力を、記録媒体 101 により生成される磁界を超える程度にまで増加させることがある。従って、フリー層 112 を所望の方式に磁氣的に偏向させるため、及びフリー層が低い保磁力を保持するための双方の理由により、スペーサ層 114 が使用されることが望ましい。スペーサ層 114 は、一般的には  $50 \sim 400 \text{ \AA}$  であり、タンタル (Ta) 又は銅 (Cu) のような導電性非磁性体を含有することが望ましい。フリー層 112、硬質磁性層 116 及びスペーサ層 114 の方向付けのため、及びスペーサ層 114 が従来の TMR センサに使用されていた絶縁層に比較して相対的に薄く作製することが可能であるため、硬質磁性層 116 とフリー層 112 との間の磁気結合はフリー層 112 を適切に偏向させるのに十分である。

【0049】図 5 (a) は、TMR センサ 100' の他の実施の形態を示す。TMR センサ 100' は、図 4 (b) に示された TMR センサ 100 とほぼ同一の構成物を有する。図 4 (b) 及び図 5 (a) を参照する。TMR センサ 100' には TMR センサ 100 と同様に、構成物に符号を付している。例えば、TMR センサ 100' のフリー層 112' は、TMR センサ 100 のフリー層 112 に対応する。しかし、構成物の順番が逆になっている。そのため、磁化の方向を固定するための層 106' が TMR センサ 100' の上部にあり、硬質磁性層 116' は TMR センサ 100' の下部にある。しかし、TMR センサ 100、100' において、フリー層 112、112' のそれぞれは、それぞれバリア層 110、110' のみによってピン層 108、108' のそれぞれから分離されている。硬質磁性層 116 がフリー層 112 の上部にあり、硬質磁性層 116' がフリー層 112' の下部にあるが、硬質磁性層 116、116' は、各フリー層 112、112' のバリア層 110、110' と反対側にある。そのため、硬質磁性層 116、116' は、TMR センサ 100、100' のそれぞれ



の磁気抵抗に干渉しない。その代わりに、硬質磁性層 116、116' は、フリー層 112、112' を磁氣的に偏向させるため、フリー層 112、112' は単磁区であり、線形の応答を有する。従って、TMR センサ 100、100' は、同一の利点を有する。

【0050】TMR センサ 100、100' の利点をさらに具体的に記載するべく、図 5 (b) ~ 6 (b) を参照する。図 5 (b) は本発明による TMR センサ 100' の一実施の形態の横磁場における応答の計算値を示すグラフ 150 である。横磁場は、TMR センサ 100、100' が記録媒体を読み取るときにさらされる磁場の種類である。グラフ 150 は、硬質磁性層 116、116' のそれぞれの端部が約 45° の傾斜を有する TMR センサ 100' におけるグラフである。記録媒体は ABS 面において、典型的には約 250 ~ 300 エルステッド、即ち SI 単位系では約 19750 ~ 23700 A/m の磁場を生成する。グラフ 150 は、TMR センサ 100' の MR 比は相対的に線形であることを示す。このことは、グラフ 150 を図 2 に示されたグラフ 40 と比較することによりわかる。図 5 (b) を再び参照する。フリー層 112、112' が磁氣的に偏向されているため、TMR センサ 100' の応答は線形化されて、デバイスに使用するとき望ましい。

【0051】図 6 (a) は、本発明による TMR センサ 100' の一実施の形態の横磁場における抵抗変化の計算値を示すグラフ 160 である。従って、TMR センサ 100' の応答が MR 比 ( $\Delta R/R$ ) から MR ( $\Delta R$ ) に変換された他は、グラフ 160 はグラフ 150 と同一である。グラフ 160 からわかるように、TMR センサ 100' が動作時にさらされる磁界の範囲を超える磁界においては約 15 オームの応答を有する。グラフ 150、160 は TMR センサ 100' についてのグラフだが、TMR センサ 100 も同様の利点を有する。従って、TMR センサ 100、100' は、それぞれ硬質磁性層 116、116' により、外部磁界に対して線形の応答を示し、それぞれが単磁区であるフリー層 112、112' を有する。

【0052】図 6 (b) は、本発明による、横磁場に対して傾斜した側面を有した TMR センサ 100' の一実施の形態の応答を示すグラフ 170 である。TMR センサ 100' は、50 Å のクロム (Cr)、400 Å のコバルトクロム白金合金 (CoCrPt)、100 Å のタンタル (Ta)、40 Å の銅 (Cu)、70 Å のイリジウムマンガン合金 (IrMn)、20 Å のコバルト鉄合金 (CoFe)、5 Å のアルミナ、20 Å のコバルト鉄合金 (CoFe)、及び 20 Å のニッケル鉄合金 (NiFe) からなる。グラフ 170 からわかるように、TMR センサ 100' の応答は線形化されている。グラフ 150、160、170 は TMR センサ 100' についてのグラフであるが、TMR センサ 100 も TMR センサ

100' と同一の利点を有する。

【0053】図 7 は、本発明による TMR センサ 100、100' を設けるための方法 200 のハイレベルフローチャートを示す。工程 202 により、強磁性ピン層 108、108' が設けられる。工程 204 により、バリア層 110、110' が設けられる。バリア層 110、110' はフリー層 112、112' のそれぞれとピン層 108、108' のそれぞれとの間にある。工程 206 により強磁性のフリー層 112、112' が設けられる。工程 208 により、スペーサ層 114、114' が設けられることが望ましい。スペーサ層 114、114' は、フリー層 112、112' のそれぞれの、バリア層 110、110' のそれぞれと反対側に位置する。工程 210 により硬質磁性層 116、116' が設けられる。硬質磁性層 116、116' は、フリー層 112、112' のそれぞれの、バリア層 110、110' のそれぞれと反対側にある。硬質磁性層 116、116' はスペーサ層 114、114' のそれぞれに隣接している。そのため、スペーサ層 114、114' は硬質磁性層 116、116' のそれぞれと、フリー層 112、112' のそれぞれとの間に位置する。

【0054】図 8 は、本発明による方法 250 のさらに詳細なフローチャートを示す。方法 250 は、TMR センサ 100'、及び以下に記載する TMR センサ 100' を設ける方法として記載される。しかし、方法 250 は TMR センサ 100 を設けるときにも容易に適合する。方法 250 は、作製時における TMR センサ 100' の一実施の形態を示す図 9 ~ 14 に従って記載される。TMR センサ 100' は TMR センサ 100' とほぼ同一であるが、磁化の方向を固定するための層 106' として合成 AFM を有する。TMR センサ 100、100' 100' は、多数の利点を共通して有する。

【0055】図 8 ~ 14 を参照する。工程 252 により、第 1 のシールド及び第 1 のギャップが設けられる。第 1 のギャップは、工程 252 において、第 1 のシールド上に設けられる。そして、工程 254 において、第 1 のリード 122' が設けられる。しかし、第 1 のリード 122' が第 1 のシールドに結合されるときは、第 1 のギャップは省略してもよい。さらに、同一の材料からなるときは、第 1 のリード 122' は、第 1 のシールドと同時に設けてもよい。下地層、即ちシード層が工程 256 において設けられる。シード層は、約 50 Å のタンタル (Ta) からなることが望ましい。そして工程 258 において、硬質磁性層 116' となる材料が設けられる。一実施の形態において、硬質磁性層は、50 ~ 100 Å のクロム (Cr) と、100 ~ 600 Å のコバルト白金合金 (CoPt) 又はコバルト鉄合金 (CoFe) とからなる。

【0056】スペーサ層 114' となるべき 1 つ以上の

非磁性層が工程 260 で設けられることが望ましい。工程 260 において設けられる非磁性層は、導電体であることが望ましい。一実施の形態において、工程 260 で設けられる非磁性層は、50~400 Å のタンタル (Ta) からなる。そして工程 262 において、フリー層 112' として使用される 1 つ以上の層が設けられる。一実施の形態において、この 1 つ以上の層は、10~50 Å のニッケル鉄合金 (NiFe) の層と、5~20 Å のコバルト鉄合金 (CoFe) の層からなる。工程 264 において、バリア層 110' となる絶縁体が設けられる。絶縁体は、酸化されてアルミナとなる、5~10 Å のアルミニウム (Al) を含有することが望ましい。工程 266 において、ピン層 108' として使用される 1 つ以上の磁性層がこの絶縁体上に設けられる。工程 268 において、磁化の方向を固定するための層 106' として使用される材料がその後設けられる。一実施の形態において、磁化の方向を固定するための層 106' は合成 AFM であり、他の実施の形態においては、磁化の方向を固定するための層 106' は反強磁性の単層である。

【0057】図 9 は、磁化の方向を固定するための層 106' に使用する材料が設けられた後の TMR センサ 100' を示す。第 1 のリード 122' も示されている。TMR センサ 100' は、下地層 132、硬質磁性層 116'、スペーサ層 114'、フリー層 112' として使用される強磁性層、バリア層 110' となるべき絶縁体、ピン層 108' となるべき他の強磁性層、及び磁化の方向を固定するための層 106' となるべき複数の層からなる。磁化の方向を固定するための層 106' は、非磁性のスペーサ層 134、強磁性層 136、及び AFM 層 138 からなる。一実施の形態において、非磁性のスペーサ層 134 は、6~8 Å のルテニウム (Ru) からなり、強磁性層は、20 Å のコバルト鉄合金 (CoFe) からなり、AFM 層 138 は、50~100 Å のイリジウムマンガン合金 (IrMn) 又は 100~350 Å の白金マンガン合金 (PtMn) からなる。

【0058】工程 270 においてフォトレジスト構造が設けられる。図 10 は、フォトレジスト構造 140 を有する TMR センサ 100' を示す。フォトレジスト構造 140 は、図 10 に示されるような 2 層のフォトレジスト構造であることが望ましい。工程 272 において、TMR センサ 100' の幅が規定される。TMR センサは、フォトレジスト構造 140 をマスクとして使用して、前の工程において設けられた層の形状をイオンミリングにより規定することが望ましい。図 11 は、TMR センサを規定する工程 272 の後の TMR センサ 100' を示す。図 11~13 に示された TMR センサ 100' の端部は傾斜しているが、このことは垂直であるよりも望ましい。

【0059】工程 274 において、1 つ以上の絶縁層が設けられる。好適な実施の形態において、1 つ以上の絶縁体の堆積の間フォトレジスト構造 140 はマスクとして残される。従って、TMR センサ 100' の側面を絶縁するために単層の絶縁層を設けることも可能である。図 12 は、工程 274 が行われた後の TMR センサ 100' を示す。TMR センサ 100' の端部のギャップ 118'、120' が設けられる。フォトレジスト構造 140 は、ギャップ 118'、120' を設けるために使用した絶縁層の一部 142 をマスクする。そのため、ギャップ 118'、120' が 1 回の堆積により形成可能である。

【0060】その後工程 276 により、リフトオフ加工が行われる。工程 276 で行われるリフトオフ加工は、2 層のフォトレジスト構造 140 を除去する。そのため、ギャップ 118'、120' を形成する絶縁層の一部 142 も除去される。図 13 は、工程 276 においてリフトオフ加工が行われた後の TMR センサ 100' を示す。そのため、フォトレジスト構造 140 及び絶縁層の一部 142 は除去されている。しかし、ギャップ 118'、120'、TMR センサ 100'、及びリード 122' は残っている。図示していないが、随意にキャッピング層を設けてもよい。

【0061】工程 278 において、第 2 のリードが設けられる。工程 276 のリフトオフ加工により、リフトオフ後に AFM 層 138 が露出される。その結果、TMR センサ 100' に対して電気接続を形成することが可能である。図 14 は、工程 278 の終了後の TMR センサ 100' を示す。そのため、第 2 のリード 124' も示されている。工程 280 において第 2 のギャップ及び第 2 のシールドを形成してもよい。しかし、第 2 のリード 124' が第 2 のシールドに電気接続されるときは、第 2 のギャップは省略してもよい。さらに、代替の実施の形態において、第 2 のリード 124' 及び第 2 のシールド (図示せず) は同時に設けることが可能である。

【0062】方法 200、250 を使用して、TMR センサ 100、100'、100' を設けることが可能である。このような TMR センサ 100、100'、100' は、フリー層 112、112'、112' のそれぞれを適切に磁気偏向させることが可能である。従って、TMR センサ 100、100'、100' は線形化される。さらに、方法 200、250 は従来のスピナバルブセンサの作製プロセスに類似している。そのため方法 200、250 は、相対的に簡単に行われる。

【0063】フリー層の上部又は下部の硬質磁性層を使用して、フリー層を磁気偏向させた TMR センサを設けるための方法及びシステムが記載された。本発明は示された実施の形態に従って記載されてきたが、当業者は実施の形態に対しては変更が可能であり、これらの変更は

本発明の趣旨及び範囲内であることに容易に想到する。従って、請求項の趣旨及び範囲から逸脱することなく多数の変更が当業者によりなされてもよい。

【0064】

【発明の効果】請求項1乃至27に記載された発明によると、硬質磁性層により、フリー層が磁氣的に偏向されているため、フリー層は単磁区を有し、磁気抵抗センサの応答は線形化され、デバイスに使用するとき望ましい。また、硬質磁性層は、フリー層のバリア層と反対側に位置するため、磁気抵抗センサの磁気抵抗に干渉しない。

【0065】請求項2乃至9に記載された発明によると、硬質磁性層とフリー層を部分的に、磁氣的に分離するためにスペーサ層が使用される。スペーサ層が省略された場合は、硬質磁性層はフリー層に対して強力に結合され、フリー層は磁氣的に偏向されるのではなく、部分的に硬質磁性層により固定されてしまう。このような強力な磁気結合はフリー層の保磁力を、記録媒体により生成される磁界を超える程度にまで増加させてしまうことがあるが、スペーサ層を設けることにより、フリー層は低い保磁力を保持する。また、スペーサ層を設けることにより、原則的に硬質磁性層の端部からの磁界のみがフリー層の磁化の方向を偏向させることとなる。

【0066】請求項10、11に記載された発明によると、硬質磁性層の端部は所望の傾斜を有し、このような硬質磁性層の端部により生成された磁界の強度及び方向により、硬質磁性層の性能を向上させる。硬質磁性層のより偏向された磁場により、フリー層は記録媒体に対して線形的に応答し、安定な単磁区構造を有することとなる。

【0067】請求項14乃至27に記載された方法は、従来のスピナルブセンサの作製プロセスに類似しているため、簡単に行われる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)従来のTMRセンサの側面図、(b)従来のTMRセンサを空気にさらされる面から観察した平面図。

【図2】磁氣的に偏向されていないフリー層を有する従来のTMRセンサの応答を示すグラフ。

【図3】他の従来のTMRセンサを空気にさらされる面から観察した平面図。

【図4】(a)本発明によるTMRセンサの一実施の形態の側面図、(b)本発明によるTMRセンサの一実施の形態を空気にさらされる面から観察した平面図。

【図5】(a)本発明によるTMRセンサの一実施の形態を空気にさらされる面から観察した平面図、(b)本発明によるTMRセンサの一実施の形態の応答の推測値を示すグラフ。

【図6】(a)本発明による傾斜した側面を有するTMRセンサの一実施の形態の抵抗変化の推測値を示すグラフ、(b)本発明による傾斜した側面を有するTMRセンサの一実施の形態の応答を示すグラフ。

【図7】本発明によるTMRセンサを提供するための本発明による方法のハイレベルフローチャート。

【図8】本発明によるTMRセンサを提供するための本発明による方法のより詳細なフローチャート。

【図9】作製時における本発明によるTMRセンサの一実施の形態を示す平面図。

【図10】作製時における本発明によるTMRセンサの一実施の形態を示す平面図。

【図11】作製時における本発明によるTMRセンサの一実施の形態を示す平面図。

【図12】作製時における本発明によるTMRセンサの一実施の形態を示す平面図。

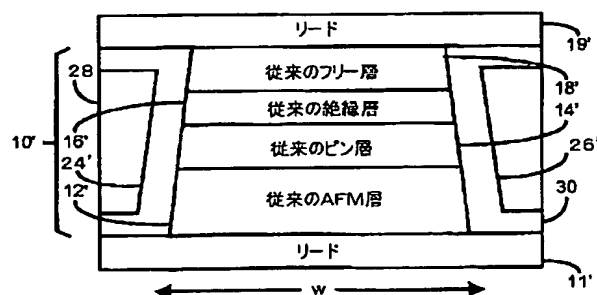
【図13】作製時における本発明によるTMRセンサの一実施の形態を示す平面図。

【図14】作製時における本発明によるTMRセンサの一実施の形態を示す平面図。

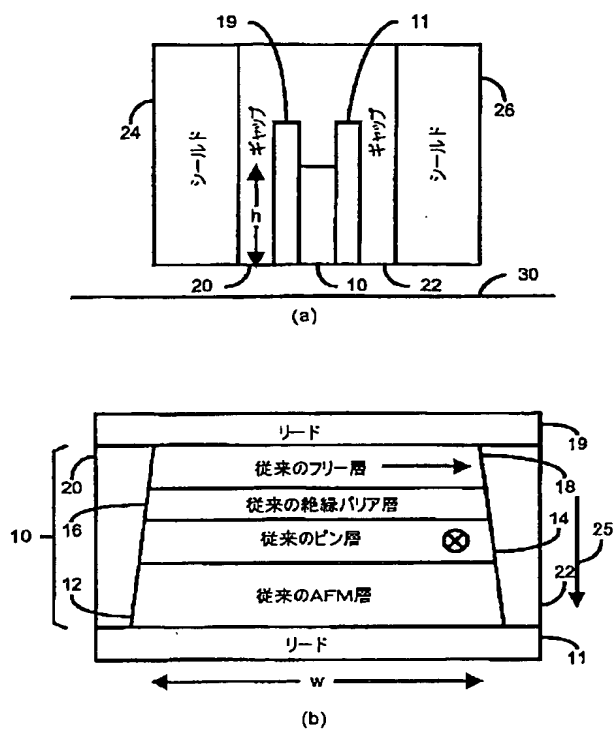
【符号の説明】

112、112'、112''…フリー層、108、108'、108''…ピン層、110、110'、110''…バリア層、101…記録媒体、134…スペーサ層、12、138…反強磁性層、116、116'、116''…硬質磁性層、122'、124'、122''、124''…リード。

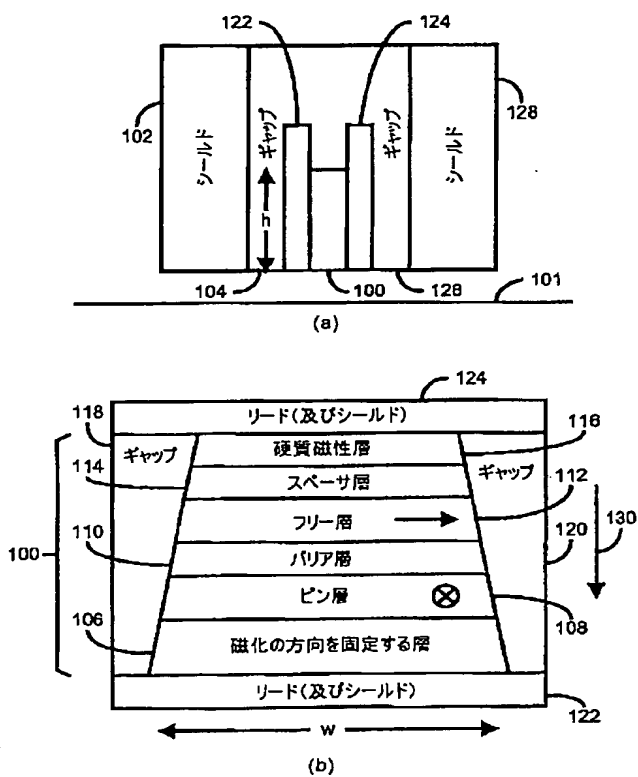
【図3】



【図1】

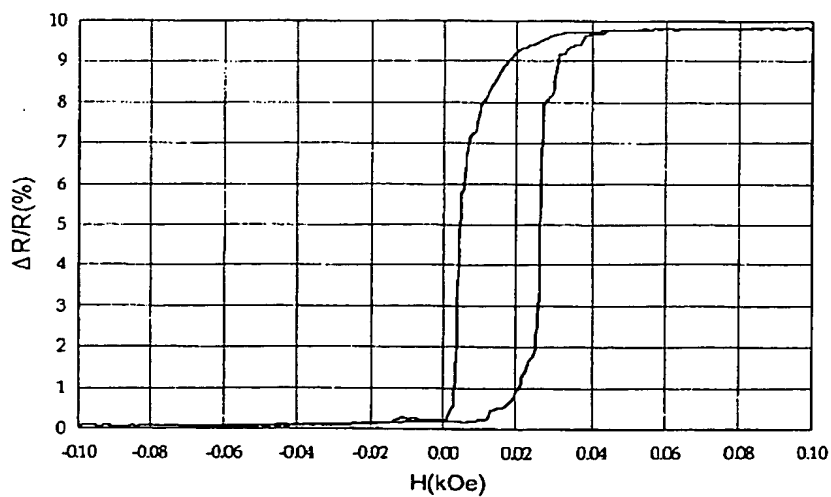


【図4】

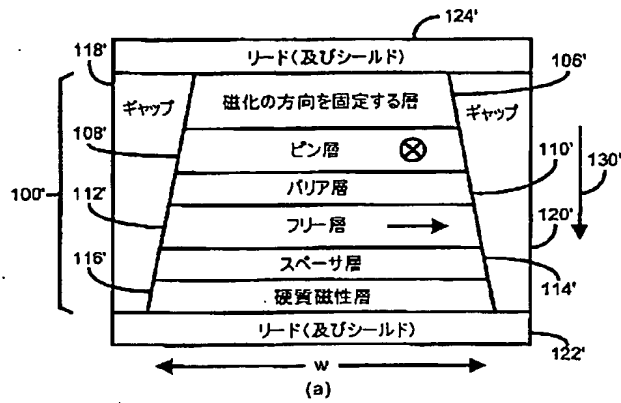


【図2】

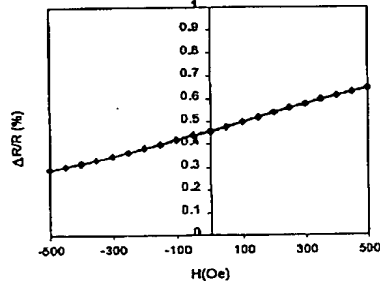
40



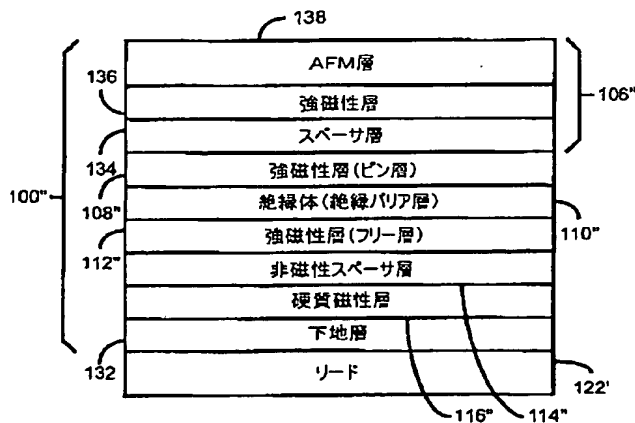
【図5】



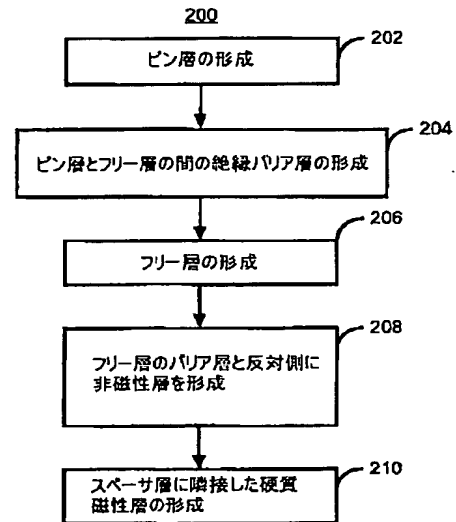
150



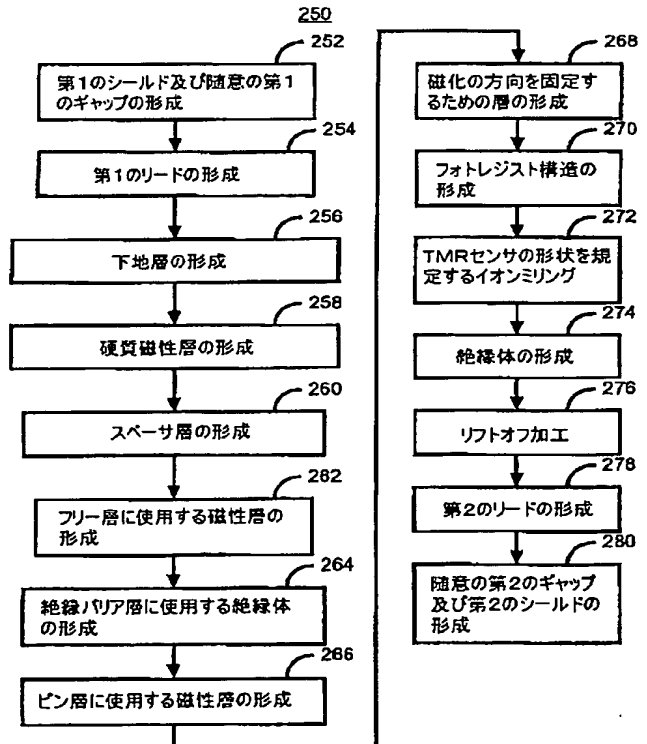
【図9】



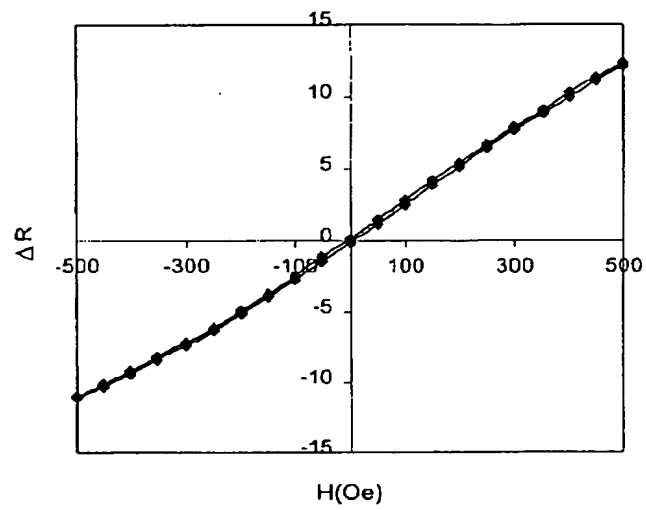
【図7】



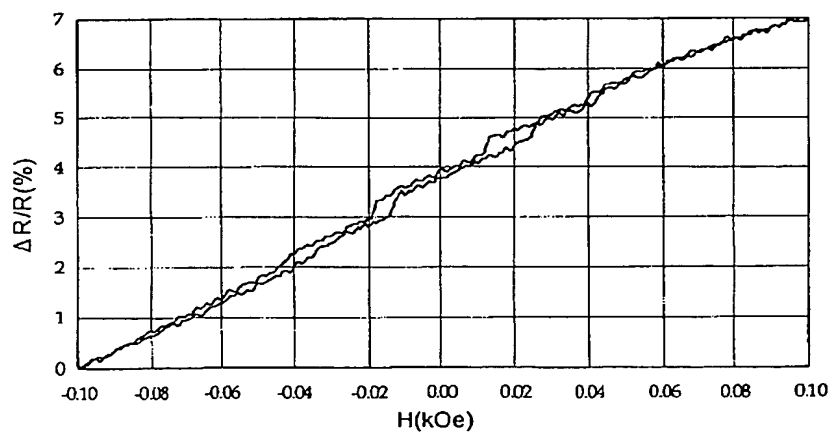
【図8】



【図 6】

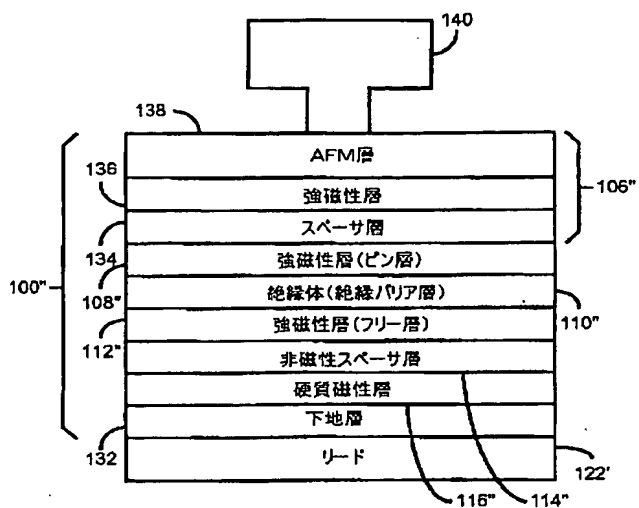
160

(a)

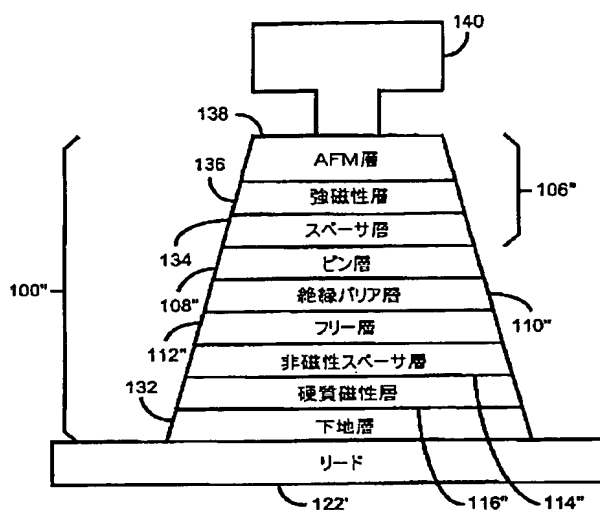
170

(b)

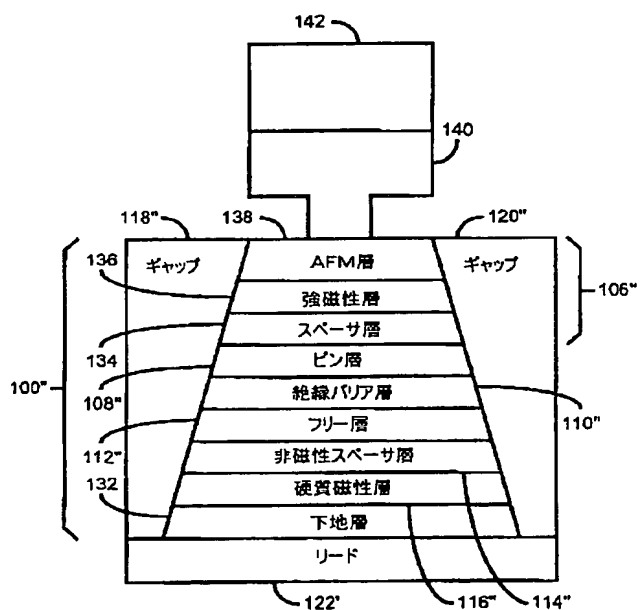
【図10】



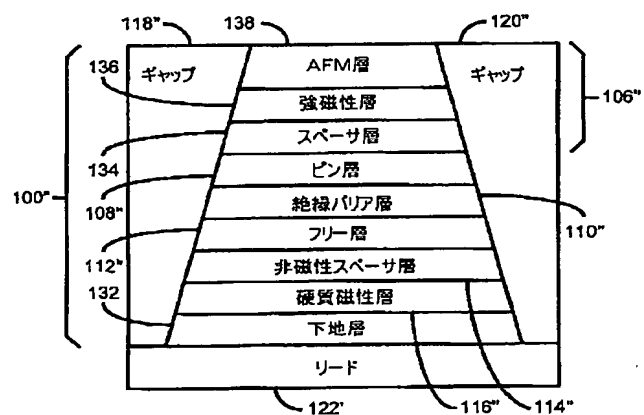
【図11】



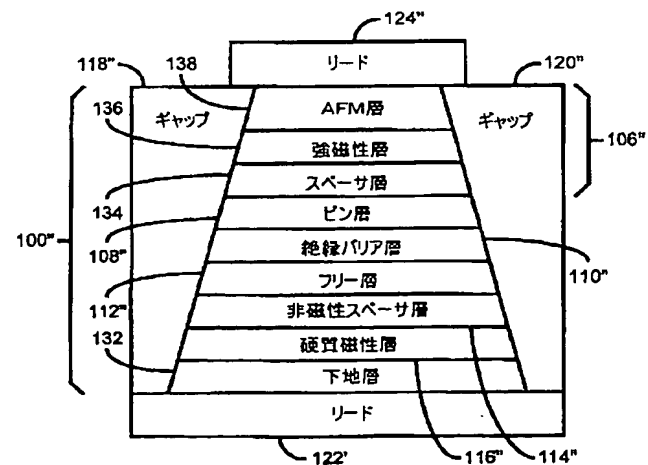
【図12】



【図13】



【図14】





フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト' (参考)
H 0 1 L 43/12		G 0 1 R 33/06	R
(72) 発明者 マシュー リチャード ギボンズ		(72) 発明者 ホァーチン トン	
アメリカ合衆国 94550 カリフォルニア		アメリカ合衆国 95120 カリフォルニア	
州 リバーモア シャーロット コモン		州 サンノゼ ジョスリン ドライブ	
514		7184	
(72) 発明者 チェスター シャオエン チェン		F タ-ム (参考) 2G017 AA10 AD54	
アメリカ合衆国 95120 カリフォルニア		5D034 BA02 BA03 BB01 CA06 DA07	
州 サンノゼ マカビー ロード 6191		5E049 AA04 BA06 BA16 DB12	